

INFORMAATIOTEKNOLOGIAN VAIKUTUS TUOTTAVUUTEEN JA YRITYKSEN SUORITUSKYKYYN

ANNIKA KOTILAINEN
Tampereen yliopisto
Johtamiskorkeakoulu
Taloustieteen Pro gradu –tutkielma
Toukokuu 2015

TAMPEREEN YLIOPISTO
Johtamiskorkeakoulu

KOTILAINEN, ANNIKA: INFORMAATIOTEKNOLOGIAN VAIKUTUS
TUOTTAVUUTEEN JA YRITYKSEN SUORITUSKYKYYN

Pro gradu -tutkielma, 65 s., 4 liitesivua.

Taloustiede

Ohjaajat: Sakari Uimonen, Jukka Pirttilä

Toukokuu/2015

Avainsanat: Informaatioteknologia, tuottavuusparadoksi, tuottavuus, yrityksen suorituskyky

1970-luvulta lähtien informaatioteknologian (IT) käyttö on lisääntynyt räjähdysmäisesti ja hinnat ovat halventuneet. Tuottavuuden kasvun hidastuminen 1970-luvulla Yhdysvalloissa, ja samanaikainen informaatioteknologiainvestointien lisääntyminen herätti kysymyksiä IT:n ja tuottavuuden välisestä riippuvuudesta. Tätä ristiriitaa positiivisen riippuvuuden olemassaolosta IT investointien ja tuottavuuden välillä kutsutaan informaatioteknologian tuottavuusparadoksiksi. Informaatioteknologian käsite tutkielmassa sisältää ohjelmistot, laitteistot, kommunikaatioteknologian, ja näihin liittyvät palvelut. Tutkielmassa perehdytään myös tuottavuuden sekä tuottavuusparadoksin käsitteisiin.

Robert Solow totesi lähes kolmekymmentä vuotta sitten: ”Voimme nähdä tietokoneaikakauden kaikkialla, paitsi tuottavuustilastoissa”. Kyseinen kommentti herätti kiinnostukseni tutkielman aiheeseen. Pitkällä aikavälillä tuottavuudella kasvu on merkittävä tekijä valtion kilpailukyvyn tai yritysten kannattavuuden näkökulmasta. Investoiminen IT-pääomaan ei ole perusteltua, mikäli sijoitus ei paranna tuottavuutta tai yrityksen suorituskykyä.

Tutkimuksessa käsitellään kirjallisuuskatsauksen muodossa informaatioteknologian vaikutus tuottavuuteen kolmella eri tasolla: valtio, toimiala sekä yritystasolla. Tämän lisäksi tutkimuksessa käsitellään informaatioteknologian johtamista mahdollisten hyötyjen maksimoinnin näkökulmasta eli miten yrityksen tulisi johtaa IT investointejaan. Tutkimuksen teoreettisena pohjana käytetään tuotantofunktion neoklassista mallia sekä kasvutilinpitoa.

Esitän kirjallisuuskatsauksen avulla, että informaatioteknologian tuottavuusparadoksia ei ole, vaan IT:lla on positiivinen vaikutus tuottavuuteen sekä yrityksen suorituskykyyn. Tämän lisäksi lukijalle esitetään näkökulmia IT investointien johtamiseen.

Sisällys

1.	JOHDANTO	1
2.	INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TUOTTAVUUSPARADOKSI	4
2.1.	Tuottavuusparadoksin tausta ja määritelmä	5
2.2.	Tuottavuusparadoksin selittäminen	7
2.2.1	Virheellisten mittausten hypoteesi	8
2.2.2	Opettelemisesta ja sopeutumisesta johtuvat viiveet	10
2.2.3	Saatujen tuottojen uudelleenjako ja haaskaaminen	11
2.2.4	Epäonnistunut tieto- ja teknologiajohtaminen	11
3.	TUOTTAVUUS	13
3.1.	Neoklassinen malli	13
3.2.	Kasvutilinpito	15
3.2.1	IT:n hyödyntämistä edistävä organisatorinen pääoma	17
3.2.2	Kasvutilinpidolla saatuja tuloksia	18
3.3.	Tuottavuusestimointeja	19
3.4.	IT vaikutus tuottavuuteen yritystasolla	20
4.	INFORMAATIOTEKNOLOGIA JA TALOUDELLINEN SUORITUSKYKY ...	24
4.1.	Miten tuotantopanoksien korvaaminen informaatioteknologialla on vaikuttanut tuottavuuteen?	25
4.2.	IT:n vaikutus yrityksen tuottavuuteen, käänteinen kausaalisuus?	30
4.2.1	ERP-järjestelmä määritelmä ja hyötyjä	30
4.2.2	Tutkimuksen läpikäynti	31
4.3.	IT vaikutus tuottavuuteen toimialanäkökulmasta	38
4.4.	Tiedon hyödyntämisen vaikutus yrityksen suorituskykyyn	47
5.	INFORMAATIOTEKNOLOGIAN JOHTAMINEN	53
5.1.	Onko IT:lla merkitystä?	53
5.2.	IT:llä on väliä	55
5.3.	Mitkä ovat tutkimusten vaikutukset IT johtamiseen?	58
6.	LOPUKSI	61
	LÄHTEET	63
	LIITTEET	66

1. JOHDANTO

Tuottavuus määrittää kuinka tehokkaasti tuotannontekijöistä saadaan aikaan lopputuotteita. Valtioiden ja yritysten näkökulmasta kyse on siitä, kuinka rajatuista resursseista, kuten raaka-aineet, työ ja pääoma, saataisiin valmistettua enemmän tuotosta. Oikeilla ratkaisuilla voidaan aikaansaada enemmän tuotantoa, enemmän arvoa ja korkeammat tulotasot jokaista työtuntia kohden.

Tuottavuus on tärkeää, sillä mitä suurempi on valtion tuottavuus, sitä paremmasta elintasosta ja hyvinvoinnista saavat sen kansalaiset nauttia. Hyvinvointia voidaan parantaa uusilla investoinneilla koulutukseen, infrastruktuuriin, jne. Paul Krugman onkin todennut: “Productivity isn’t everything, but in the long run it is almost everything. A country’s ability to improve its standard of living over time depends almost entirely on its ability to raise its output per worker.” Tällä hän tarkoittaa sitä, että pitkällä aikavälillä ainoastaan tuottavuudella on merkitystä, mikäli valtio haluaa parantaa elintasoja. Krugmanin (1994) mukaan elintason nostaminen riippuu lähes täysin valtion kyvystä kasvattaa tuottavuutta työntekijää kohden.

Informaatioteknologian (IT) merkitys on kasvanut viime vuosikymmeninä hintojen halvennuttua tarpeeksi, jotta teknologian hyödyntäminen on kaikkien saatavilla. IT:n taloudellinen arvo voidaan nähdä työn tuottavuuden parantamisessa (tehtävien automatisointi), nopeana raportoinnin työkaluna, päätöksenteon apuvälineenä sekä parhaassa tapauksessa myös yrityksen suorituskyvyn parantajana. Informaatioteknologian ja tuottavuuden välistä riippuvuutta on tutkittu laajasti jo vuosikymmenten ajan, mutta tutkijat eivät silti ole päätyneet yksiselitteisiin johtopäätöksiin riippuvuudesta. Tuottavuuden hidastuminen Yhdysvalloissa 1970-luvulla, ja samanaikainen IT-investointien lisääntyminen herätti ekonomistien kiinnostuksen IT:n ja tuottavuuden väliseen

riippuvuuteen. Tätä ilmiötä kutsutaan taloustieteessä ”Informaatioteknologian tuottavuusparadoksiksi”. Paradoksin mukaan IT investointien ja tuottavuuden kasvun välillä ei ole riippuvuutta.

Tutkiakseni informaatioteknologian vaikutusta tuottavuuteen, lähestyn ongelmaa mikro-makro-näkökulmasta, jossa tarkastellaan sekä mikrotaloudellista päätöksentekoa yritystasolla että laajennetaan näkymää makronäkökulmaan. Lähestymistapa perustuu siihen, että voidakseen ymmärtää taloudellisia kokonaisuuksia kuten tuottavuutta, on ymmärrettävä mitä tapahtuu yritystasolla, ja kuinka yritykset reagoivat muutoksiin taloudellisessa toimintaympäristössä. Valtio- ja toimialatasoinen tarkastelu jää puutteelliseksi, mikäli dataa ei voida analysoida sillä tasolla missä päätöksenteko oikeasti tapahtuu, tämän vuoksi tutkimuksessa keskitytään erityisesti tuottavuuteen yritystasolla.

Informaatioteknologian vaikutus tuottavuuteen on merkittävä tutkimuksen aihe tarkasteltaessa yritysten kannattavuutta pitkällä aikavälillä. Investoiminen IT-pääomaan ei ole perusteltua, mikäli sijoitus ei paranna yrityksen tuottavuutta ja suorituskyykyä. Kysymykset, joihin pyrin vastaamaan tutkielmassani, ovat:

- Miksi informaatioteknologian tuottavuusparadoksista keskustellaan?
- Minkälaisia taloudellisia vaikutuksia informaatioteknologialla on?
- Mitkä teoriat (taloustiede, johtaminen jne.) voivat selittää ilmiöön liittyviä seikkoja?
- Tukevatko empiiriset tutkimukset näitä teorioita?
- Kasvattaako informaatioteknologian käyttö yrityksen tuottavuutta/suorituskyykyä
- Onko investoiminen informaatioteknologiaan kannattavaa ja kuinka sitä perustellaan, ja mikä näiden vaikutus tuottavuuteen?
- Kuinka informaatioteknologista saataisiin paras hyöty yritystasolla?

Työssä käydään läpi lyhyenä johdatteluna tutkimusongelmaan tuottavuuden hidastuminen USA:ssa 1970-luvulla ja työn motivaation lähteenä toiminut informaatioteknologian tuottavuusparadoksi. Kappaleessa kaksi avataan tuottavuusparadoksia historiakatsauksella, jossa läpikäydään tuottavuusparadoksin tutkimusten fokuksen muuttuminen vuosikymmenien aikana. Tarkoitus on esittää myös syitä tuottavuuden kasvun hidastumiseen tutkimalla mahdollisia syitä tuottavuusparadoksin selittämiseksi.

Kappaleessa kolme selvennetään alan termistöä, ja käsitellään tutkimusongelman teoreettinen perusta, jota avataan Cobb-Douglas tuotantofunktion avulla. Kappaleessa käsitellään tuottavuutta sekä makro että mikro näkökulmasta. Neljännessä kappaleessa käsitellään tarkemmin alan keskeisiä tutkimuksia ja perehdytään muun muassa kausaalisuuden suuntaan: johtuuko tuottavuuden kasvu informaatioteknologian käytön lisääntymisestä, vai onko syy jokin muu? Kappaleessa tarkastellaan ekonometrisiä malleja, joiden avulla riippuvuutta on tutkittu ja jaetaan tutkimusten käsittely valtio-, toimiala- sekä yritystasolle. Viidennessä kappaleessa aloitetaan keskustelu kysymyksellä, että onko IT:llä merkitystä, jonka lisäksi informaatioteknologiajohtamista käsitellään näkökulmasta, kuinka yritysten tulisi käsitellä IT-investointeja organisaatiossa, jotta niistä saataisiin paras hyöty. Viimeisessä kappaleessa kerään yhteen eri tutkimusten tulokset, ja esitän vastaukset mainittuihin hypoteeseihin.

2. INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TUOTTAVUUSPARADOKSI

Informaatioteknologian määritelmä tutkimuksessa:

- IT eli informaatioteknologia; sisältää ohjelmistot, laitteistot, kommunikaatioteknologian ja näihin liittyvät palvelut.
- Informaatioteknologia voidaan luokitella ns. yleishyödylliseksi teknologiaksi; teknologiaksi, joka vaikuttaa positiivisesti muiden sektoreiden tuottavuuteen. Kretschmerin (2012) mukaan investoimalla informaatioteknologiaan, voidaan parantaa yrityksen prosessien tuottavuutta saadun informaation määrän ja hyödyntämisen kasvaessa IT:n hyödyntämisen seurauksena

Tuottavuudella tarkoitetaan tutkimuksessa tuotannon määrän ja sen tuottamiseen käytettyjen panosten suhdetta. Tuottavuutta voidaan pitää eräänlaisen kansantalouden tai sen osan, kuten toimialan, yrityksen, tai organisaation tuotanto-, toiminta-, tai suorituskyvyn mittana. Tuottavuuden lisääminen merkitsee joko nykyistä suuremman tuotoksen aikaansaamista käytettävissä olevilla voimavaroilla tai tavoitellun tuotoksen aikaansaamista nykyistä pienemmin panoksin. (Saari 2006).

Tuottavuuden muutos voi aiheutua paitsi tehokkuuden lisäyksestä myös teknisestä kehityksestä. Tekninen kehitys on käytössä laajana käsitteenä, joka sisältää paitsi uuden tekniikan käyttöönoton myös kasvaneen tiedon ja taidon. Pitkällä aikavälillä tärkeimpinä tuottavuuden kasvuun vaikuttavina tekijöinä voidaan pitää teknistä kehitystä, tuotannon laajentamiseen liittyviä mittakaavaetuja sekä voimavarojen uudelleen kohdentamista tai rakenteellisen tehokkuuden lisäämistä. Lyhyellä aikavälillä tuottavuuteen vaikuttaa myös suhdannevaihtelut. (Saari 2006).

Tässä luvussa avataan informaatioteknologian tuottavuusparadoksin käsite ja sen taustoja. Kappaleessa käsitellään myös tuottavuusparadoksin mahdollisia aiheuttajia.

2.1. Tuottavuusparadoksin tausta ja määritelmä

MacDonaldin, Andersonin ja Kimbelin (2000) mukaan informaatioteknologian tuottavuusparadoksi voidaan nähdä ristiriitana IT investointien ja IT:n suorituskyvyn; tuottavuuden välillä. Paradoksin mukaan IT:n ja tuottavuuden välillä ei voida empiirisesti havaita selvää positiivista taloudellista vaikutusta. Tämä havainto sai laajaa julkisuutta ja herätti paljon tutkimusta sekä keskustelua alalla Robert Solowin todettua lähes kolmekymmentä vuotta sitten: tietokoneaikakausi näkyy kaikkialla, paitsi tuottavuustilastoissa (Solow 1987, 36).

Yhdysvaltojen tuotannossa on 1970-luvulta lähtien sijoitettu suuria määriä pääomaa uusiin teknologioihin, erityisesti informaationkäsittelyä helpottavaan teknologiaan. Suurin osa alan tutkimuksesta keskittyy tarkastelemaan erityisesti Yhdysvaltojen tuottavuutta, sillä vuoden 1973 jälkeen Yhdysvaltojen tuottavuuden kasvu hidastui vuotuisesta kolmesta prosentista yhteen prosenttiin. Tuottavuuden kasvun hidastuminen osui ajankohtaan, missä investoiminen informaatioteknologiaan oli kasvanut merkittävän suureksi. Yhdysvaltojen tuottavuuden kasvun pysyessä hitaana, monet kilpailevat maat ovat onnistuneet parantamaan taloudellisia asemiaan ja palauttamaan tuottavuuden kasvun aiemmalle tasolleen. Tämä on huonontanut Yhdysvaltojen asemaa kansainvälisillä markkinoilla ja lisännyt huolestuneisuutta siitä, että tuottavuuden kasvun hidastumisen saattaa olla pysyvää. (Brooke 1992).

1970-luvulla alkanutta tuottavuuden kasvun hidastumista on selitetty esimerkiksi muutoksilla tärkeissä tuotannontekijöissä kuten kasvaneet energian hinnat (öljyn hintasokki), heikentynyt työn laatu, vähentynyt pääomasijoittaminen jne. Kaikkien näiden seikkojen voidaan olettaa myötävaikuttaneen yleiseen tuottavuuden kasvun hidastumiseen, mutta edes kyseisten tekijöiden yhteisvaikutuksella ei voida selittää koko tuottavuuden kasvun hidastumista. (Brooke 1992).

1990-luvulla julkaistiin lukuisia tutkimuksia sekä paradoksin puolesta että vastaan. Esimerkiksi The Economist lehti julkaisi 1996 artikkelin nimellä ”Paradox lost”, jossa päädyttiin mm tutkimusten kuten Brynjolfsson ja Hitt (1996) perusteella toteamaan, että paradoksia ei ole. Yhdysvaltojen tuottavuuden kasvu lähti nousuun 1990-luvun puolivälissä, mikä vähensi keskustelua tuottavuusparadoksista. Tuottavuus tuntia kohden ajalla 1996–2000 maatalouden ulkopuolisilla

yrityssektoreilla kasvoi 2,75 prosenttia vuodessa, mikä poikkeaa suuresti 1973–96 välisen ajan 1,5 prosentista. (New Yorker 2013).

MacDonaldin ym. (2000) mukaan idea tuottavuusparadoksista kehittyi seuraavan viiden vaiheen mukaisesti 1970-luvulta lähtien:

Vaihe 1: Alkuvuosina tietoa ja tutkimustuloksia informaatioteknologian vaikutuksesta tuottavuuteen ei ollut, ja odotukset olivat suuret. Idea IT investoinneista oli niin uusi, että IT:n kuviteltiin korvaavan työvoimaa. Oletettiin työn tuottavuuden olevan asiaankuuluva tapa mitata IT:n vaikutusta. (MacDonald ym. 2000).

Vaihe 2: 1970-luvun loppupuolella tutkimustuloksissa oli alettu saada vihjeitä siitä, että IT investoinnit eivät olleetkaan niin kannattavia kuin oli odotettu. Investointien määrä jatkoi silti kasvamistaan. Yritysten oli silti käytännössä pakko sijoittaa informaatioteknologiaan, sillä kilpailijat saattoivat tarjota palveluita, joita pystyi tarjoamaan vain IT:n avulla. Investoimista jatkettiin huolimatta siitä, oliko sijoitetun pääoman tuotto positiivinen. (MacDonald ym. 2000).

Vaihe 3: IT investointeja alettiin ajatella eri näkökulmasta, investointien tuottavuus ei ollut enää tärkein tekijä IT:n vaikutuksen arvioinnissa. Tuottavuuden sijaan alettiin keskittyä IT:n strategiseen vaikutukseen: kuinka pystyttäisiin saamaan etulyöntiasemaa yrityksen kilpailulliseen asemaan markkinoilla. (MacDonald ym. 2000). Esimerkiksi American Airlines otti käyttöön ensimmäisen elektronisen lentojen varausjärjestelmän, joka levisi myös kilpaileville yrityksille. American Airlines hyötyi varausjärjestelmän leviämisestä, sillä järjestelmä nosti yrityksen lennot ensimmäiseksi lentojenvarauslistalla, joka näkyi matkatoimistovirkailijoille. Virkailijat valitsivat tällöin usein ensimmäisen vaihtoehdon listalta.

Vaihe 4: 1980-luvun loppupuolella kiinnitettiin huomiota siihen, että IT investoinnit olivat siirtyneet johdon tietojärjestelmiin. IT investointien ei enää oletettu näkyvän enää suoraan tuottavuustilastoissa. Tuottavuusparadoksiin alettiin kiinnittää huomiota, ja ongelman aiheuttajaksi esitettiin lukuisia selityksiä, jotka eivät pystyneet antamaan yksiselitteistä ratkaisua. (MacDonald ym. 2000).

Vaihe 5: 1980-luvulta eteenpäin suuri osa IT investoinneista on kohdistunut tietoliikenteeseen. Odotukset investointien tuottavuudesta ovat vähentyneet ja investointien alkuperäisiä odotuksia 1970-luvulta pidetään epärealistisina. Tuottavuusparadoksin uudemmat tutkimuksen pyrkivät selittämään sen olemassaolon syitä. (MacDonald ym. 2000). Seuraavassa kappaleessa käsitellään Brynjolfssonin (1996) esittämiä näkökulmia paradoksista.

Yleinen näkemys 2000-luvun puolella on, että IT:lla on positiivinen vaikutus tuottavuuteen sekä mikro- että makrotasolla.

2.2.Tuottavuusparadoksin selittäminen

Tuottavuuden kasvu ei ole merkittävästi kiihtynyt lisääntyneiden IT investointien myötä. Tuottavuusparadoksia voidaan selittää alla olevilla näkökulmilla

1. Mittausvirheet (lopputuote ja tuotannontekijöiden määrä)
2. Viiveet, jotka johtuvat oppimisesta ja sopeutumisesta
3. Saatujen tuottojen uudelleenjako ja haaskaaminen
4. Epäonnistunut tieto- ja teknologiajohtaminen (Brynjolfsson ym. 1996).

Kaksi ensimmäistä syytä liittyvät tutkimustavan puutteisiin. Normaalit mittarit epäonnistuvat määrittämään ei-perinteisten arvonlähteiden merkitystä tuotannontekijöiden ja tuotannon välillä. Olettaen, että kustannusten ja hyötyjen välillä on merkittäviä viiveitä, huono lyhyen tähtäimen tuottavuus saattaa johtaa suhteellisesti suurempiin pitkän aikavälin tuottoihin. Uusien teknologioiden hyödyntäminen voi vaatia laajaa uudelleenkoulutusta sekä yksilöille että koko organisaation tasolla, jolloin pitkä viive hyötyjen saavuttamisessa olisi mahdollinen. (Brynjolfsson ym. 1996).

Jälkimmäiset syyt pyrkivät lähinnä selittämään, miksi yritysjohto sijoittaa informaatioteknologiaan. Syyt antavat pessimistisen kuvan informaatioteknologian vaikutuksesta tuotantoon. Näiden mukaan hyötyä ei ole nyt eikä tulevaisuudessa. Saatujen tuottojen uudelleenjaon näkökulman mukaan tuotot eivät lisääntyisi kokonaistasolla vaan ainoastaan siirtyvät esim. yritykseltä toiselle. Viimeisen

selityksen mukaan informaatioteknologiajohtaminen on epäonnistunut systemaattisesti, ja IT:n hyödyt jäävät saavuttamatta esimerkiksi siitä syystä, että yritykset sijoittavat väärin kohteisiin, eivät osaa kohdistaa investointeja oikein tai investoinnit johtavat tehottomuuteen tuottavuuden sijaan. (Brynjolfsson ym. 1996).

2.2.1 Virheellisten mittausten hypoteesi

Virheellisten mittausten hypoteesin mukaan IT:n hyödyt eivät näy tuottavuustilastoissa niiden muodon takia: hyödyt saattavat näkyä esimerkiksi tuotteen parantuneena laatuna, monipuolisuuden lisääntymisellä tai kustomointina. Mainitut hyödyt eivät ole helposti mitattavissa tuottavuustilastoissa. Elintason parantuminen on lisännyt palveluiden kysyntää teollistuneissa maissa, mikä on saanut yritykset sijoittamaan informaatioteknologiaan vaikka ne eivät lisää tuottavuutta, jota voidaan mitata perinteisellä tavalla. (Pohjola 2002).

Brooken (1992) mukaan informaatioteknologian halventuneet kustannukset ovat parantaneet yritysten kykyä käsitellä suurempia tuotemääriä ja variaatioita samoista tuotteista. Laajempi tuotantokanta on kuitenkin johtanut suurempiin yksikköhintoihin (Brooke 1992). Yrityksen tuottaessa vain yhtä tuotetta, saadaan tuottavuuslaskelmissa todennäköisesti suuremmat arvot, kuin yritykselle joka tuottaa monipuolisempia ja useampia tuotteita. Vaihtelusta saatu lisäarvo tulisi ottaa huomioon mittauksissa.

Virheelliset mittaukset voidaan jakaa kahteen kategoriaan, a.) lopputuotteen tai b.) tuotannontekijöiden määrän väärä mittaaminen. Tuottavuuslaskelmissa tuotanto määritellään: tuotettujen yksiköiden määrä, kerrottuna niiden yksikköhinnoilla, muunnettuna niiden todellisella hinnalla. Hyödykkeen tai palvelun todellisen hinnan määrittämisessä lasketaan yksilölliset hintadeflaattorit, joiden määrittämisessä joudutaan usein käyttämään ”hedonisia” hinnoittelumetodeja, jotta voitaisiin eliminoida inflaation vaikutuksia ilman, että jätetään huomiotta laadun muutokset. Mittausvirheitä esiintyy otettaessa käyttöön laadun huomioivia hintadeflaattoreja. Lisäongelmia aiheuttaa myös uusien tuotteiden ja ominaisuuksien lisääminen malleihin, koska näistä ei ole aiempia mittaustuloksia tai vertailukohteita saatavilla. Tämän lisäksi myös vaihtelulla itsellään on arvoa, mutta sen mittaaminen on käytännössä lähes mahdotonta. (Brynjolfsson ym. 1996).

a.) Lopputuotteen määrän virheellinen arviointi:

Lopputuotteen arvon määrittäminen on erityisen vaikeaa palvelusektorilla. Asiakkaan saamaa todellista hyötyä esim. parantuneesta palvelun tasosta tai käytettävyyden kasvusta on vaikea mitata. Informaatioteknologian vaikutus tuottavuuteen saattaa vaikuttaa pienemmältä palvelu- kuin tuotantosektorilla mitattavuus ongelman takia. (Brynjolfsson 1996). Baily ja Gordon (1988) mukaan BEA: n¹ käyttämät menetit (esim. tietokoneiden hintaindeksi, joka perustuu hedoniseen hinnoitteluun) IT:n tuottavuuden mittaamisessa palvelualoilla, aliarvioivat IT:n vaikutusta. Vaikutus näkyy erityisen suurena aloilla, joissa IT-työntekijöiden määrä ja tietokoneiden käyttö on suurta (rahoitus, vakuutus, kiinteistömarkkinat).

b.) Tuotannontekijöiden määrän virheellinen arviointi:

Olettaen tietokoneiden parantavan työelämän laatua (esim. toimistotöiden helpottuminen), tulisi tällöin työntekijöille maksaa työstä pienempää palkkaa. Toimistotyöntekijöiden palkkojen hidas nousu olisi Baily ja Gordonin (1988) mukaan seurausta työelämän parannuksista, jotka eivät ole mitattavissa, minkä takia parannuksien vaikutusta ei ole huomioitu tuottavuustilastoissa.

IT pääoman määrän arvioiminen on myös huomioitava tuotannontekijöiden arvoa määrittäessä. Mikäli IT pääoman määrä yliarvioidaan, johtaa se yksikkötuottavuuden aliarviointiin millä tahansa IT pääoman määrällä. (Brynjolfsson ym. 1996). Denison (1989) argumentoi, että kiinteähintaisten hintadeflaattorien väärä painotus on yliarvioinut IT pääoman määrää. Denisonin mukaan, nyt ostettujen tietokoneiden reaalin määrä ei ole todellisuudessa niin suuri kuin mitä tilastot näyttävät vaan alkuperäinen reaalin investointi vuosikymmeniä sitten olisi suurempi. Tästä voidaan päätellä, että osa tuottavuuden kasvun

¹ Bureau of Economic Analysis

paranemisesta, jonka on katsottu kuuluvan IT:tä valmistaville tahoille, tulisikin laskea IT:n käytöstä saaduksi kasvuksi. (Brynjolfsson ym. 1996).

Toisiaan täydentäviä tuotannontekijöitä, kuten ohjelmistoja ja koulutusta tarvitaan, jotta IT-investoinnit olisivat kannattavia. Työn vaikutusta panoksena on saatettu myös yliarvioida. Investoinneista ohjelmistoon ja koulutukseen saadaan usein tuottoja useiden vuosien ajan, niiden kustannus kuitenkin kohdistetaan yleensä samalle vuodelle, kuin milloin tietokoneet on hankittu, mikä nostaa koneiden hankinnan lyhytaikaisia kustannuksia. IT-investointien määrän kasvaessa vuosittain, saatujen hyötyjen arvioinnin tekee harhaiseksi se, että kyseisen vuoden toisiaan täydentävät investoinnit ovat suuremmat kuin edellisen vuoden. Toisaalta IT-hankinnat saattavat myös saada aikaan pitkäaikaisia laskennallisia velkoja (liabilities), jotka liittyvät ohjelmistoon ja koneiden huoltoon, joita ei ole huomioitu kokonaisuudessa, minkä takia IT:n vaikutus kustannuksiin on saatettu aliarvioida. (Brynjolfsson ym. 1996).

Schreyerin (1998) mukaan virheellisten mittausten hypoteesin ongelmana on se, että mittausvirheiden tulisi kasvaa ajan kuluessa, jotta hypoteesi pitäisi paikkansa. Ei ole kuitenkaan todisteita, että informaatioteknologian käyttö olisi lisännyt mittausvirheitä.

2.2.2 Opettelemisesta ja sopeutumisesta johtuvat viiveet

IT-investoinnin tuottojen näkyminen yrityksen tuloksessa ei ole välitöntä. Hyötyjen toteutumisessa saattaa kestää vuosia, minkä lisäksi vaikutukset voivat olla myös epäsuoria kuten laadun parantuminen (Brynjolfsson ym. 1996). Brynjolfssonin ym. (1993) mukaan IT:n suurin vaikutus organisaatiossa näkyy 2-4 vuoden viiveellä. Informaatioteknologian monimutkaisuuden takia yksittäiset käyttäjät vaativat kokemusta sekä koulutusta hyödyntääkseen teknologian edut kokonaisuudessaan. Uusi teknologia tuo täten haasteita myös organisatorisella tasolla. (Brynjolfsson ym. 1996).

IT-investointien hyötyjä arvioitaessa tulisikin tarkastella investoinnin kustannuksia ja hyötyjä pitemmällä aikavälillä. Estimoinneissa on pyrittävä huomioimaan myös toisiaan täydentävien investointien, kuten koulutuksen ja ohjelmistojen vaikutus. On huomioitava myös näkökulma, jonka mukaan informaatioteknologian investointien hyötyjen viiveiden voidaan olettaa näkyvän yrityksen

markkina-arvossa, silloin kun osakemarkkinat ovat tarpeeksi tehokkaat huomioimaan investointien pitkäaikaiset vaikutukset. (Brynjolfsson ym. 1996).

2.2.3 Saatujen tuottojen uudelleenjako ja haaskaaminen

Tuottojen uudelleenjakamisteorian mukaan informaatioteknologia investoinnit ovat kannattamattomia koko toimialan ja talouden näkökulmasta. Investoinnin hyödyt vaikuttavat vain investoinnin tehneen yrityksen kannattavuuteen, jolloin kokonaisvaikutus tuottavuuteen saattaa jäädä nolllaksi koko talouden tasolla. Teorian mukaan IT investoinnit eivät kasvata tuottavuutta, ainoastaan uudelleenjärjestävät sen osuudet. (Brynjolfsson ym. 1996).

Yritykset saattavat yli-investoida informaatioteknologiaa käyttäviin investointeihin, jotka edesauttavat esimerkiksi yrityksen myyntiä ja markkinointia. Kyseisistä investoinneista saatu hyöty on liiketoiminnallista eikä näy kokonaistuottavuuden kasvuna. (Baily & Chakrabarti 1988, Brynjolfssonin ym. 1996 mukaan). Informaatio hyödykkeenä on riskialtis tuottojen tuhlaamiselle/haihduttamiselle (rent dissipation), eli yhden yrityksen saavuttama hyöty saadaan muiden kustannuksella sen sijaan, että yritys saisi aikaan uutta tuottoa. (Brynjolfsson ym. 1996).

Tuottojen uudelleenjakamisteorian avulla ei voida selittää IT-investointien tuottavuuden huonoa menestystä yritystasolla. Yritykset, joilla on riittämättömät IT budjetit, menettäisivät markkinaosuuttaan suuremman IT-budjetin omaaville yrityksille. Investoiminen strategiaan informaatioteknologia systeemeihin selittyikin sillä, että niillä on tarkoitus riistää tuottoja kilpailijoilta sen sijaan, että investoinneilla olisi pyritty kustannusten alentamiseen. Lähtökohtaisesti IT-investointeja kuitenkin perustellaan niiden mahdollistamilla alemmilla tuotantokustannuksilla useissa yrityksissä. (Brynjolfsson ym. 1996). Tuottojen uudelleenjakamisella ei voida väittää tuottavuusparadoksin aiheuttajaksi, vaan sen avulla voidaan ainoastaan selittää eroja niin toimiala- kuin yritystasolla.

2.2.4 Epäonnistunut tieto- ja teknologiajohtaminen

Mahdollista on myös, että IT investoinnit saattavat olla kannattamattomia yritystasolla. Investointeja tehdään silti, koska päätöksentekijät eivät välttämättä ota yrityksen etua huomioon.

Esimerkiksi päätöksenteon kriteereinä on saatettu käyttää vanhentuneita tietoja, jolloin voidaan päätyä tehottomaan ratkaisuun. (Brynjolfsson ym. 1996).

Kuten IT:n vaikutusten tutkimisen haasteena, on myös IT johtamisen haasteena samat ongelmat: vaikutusten tunnistaminen sekä niiden kohdistaminen. Mikäli tuotantopanosten määrä tai laatu on arvioitu väärin, on IT johtamisessa mahdotonta kohdistaa saavutetut tuotot/kulut oikein. (Brynjolfsson ym. 1996).

Yritysten kasvanut IT investointien määrä viittaa siihen, että yritysjohto uskoo joko firman tai johdon itsensä hyötyvän sijoituksesta. IT-investointien epäonnistumista on selitetty päämies-agentti ongelmalla: Informaatioteknologian hyödyt yrityksen johdon näkökulmasta saattavat olla ristiriidassa osakeomistajien intressien kanssa. Seurauksena yritys saattaa yli-investoida IT:aan vaikka vaikutus tuottavuuteen olisi pieni. (Brynjolfsson ym. 1996, 40).

3. TUOTTAVUUS

- Työn tuottavuudella tarkoitetaan tuotannon määrää jaettuna työn määrällä. Alan tutkimuksessa käytetään myös termejä MFP=multi factor productivity, jolla tarkoitetaan tuotannon määrää, joka on saatu aikaan tietyllä määrällä tuotannontekijöitä; tässä tapauksessa pääomaa, työvoimaa ja materiaaleja.
- TFP= total factor productivity, käytetään synonyyminä MFP:lle. Kokonaistuottavuutta käytetään arvioina talouden pitkän tähtäimen taloudelliselle kasvulle. TFP:a kutsutaan myös nimellä Solowin residuaali.

Tuottavuuden kasvu riippuu kehittyneissä talouksissa sekä teknologisista innovaatioista että organisatorisista muutoksista, jotka innovaatiot ovat mahdollistaneet. Tietokoneiden ja ohjelmistojen lisääntyvä käyttö yrityksissä on tästä esimerkkinä. Nopea informaatioteknologian kehittyminen on johtanut hinta-laatusuhteen muuttumiseen edullisemmaksi, ja tehokkaammaksi. IT investointien ja yritysten tuottavuuden välillä on havaittu positiivista korrelaatiota.

Kappaleessa esitellään, kuinka IT:n vaikutusta tuottavuuteen mallinnetaan eri tutkimuksissa. Lähteenä käytetään pääosin Draca, Sadun ja Van Reenen (2006) tutkimusta: ”Productivity and ICT: A Review of the Evidence”.

3.1. Neoklassinen malli

Informaatioteknologian vaikutusta tuottavuuteen kuvataan yleisimmin tuotantofunktion neoklassisella mallilla, funktiolla $F(\cdot)$. Funktiolla havainnollistetaan mistä tuotannontekijöistä tuotos Y koostuu. Pääoma on jaettu mallissa kahteen eri osaan: IT pääomaan C ja muuhun pääomaan K (esim. kiinteistöt). Muut mallissa huomioidut tuotannontekijät ovat työtunnit L ja materiaalit M . Teknologian A , oletetaan olevan Hicks neutraalia (ei vaikuta työn tarjontaan tai pääoman määrään).
Yhtälö:

$$Y = AF(L, K, C, M). \quad (3.1.1)$$

Cobb-Douglas tuotantofunktiota voidaan estimoida lineaarisessa muodossa käyttäen seuraavaa mallia:

$$\ln(Y) = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln(I_i),$$

missä Y =tuotos, I_i =tuotannontekijöitä ja α_i =mallin kertoimia.

Draca ym. (2006) käsittelevät yhtälöä Cobb-Douglas muodossa, josta saadaan ao. yhtälö, kun se on muunnettu lineaariseksi luonnollisilla logaritmeilla ($y = \ln Y$).

$$y = a + \alpha_l l + \alpha_k k + \alpha_c c + \alpha_m m. \quad (3.1.2)$$

Funktiosta saadaan kasvuasteet kirjoittaessa yhtälö muotoon:

$$\Delta y = \Delta a + \alpha_l \Delta l + \alpha_k \Delta k + \alpha_c \Delta c + \alpha_m \Delta m. \quad (3.1.3)$$

Yhtälössä 3.1.3 Δa on kokonaistuottavuuden kasvu eli TFP kasvu, ja muut termit ovat tuotannontekijöiden kasvuasteita. Yhtälön avulla voidaan arvioida tuottavuuden kasvua ajassa, esim. tuottavuuden kasvu 2011–2014 välillä $\Delta_3 y = (y_t - y_{t-3})/3$.

Lyhyellä aikavälillä pääoman lisääntyminen vauhdittaa kasvua neoklassisen mallin mukaan, mutta koska pääomaan vaikuttaa vähenevät rajahyödyt, pitkällä aikavälillä tuottavuuden kasvun merkittävin tekijä on eksogeeninen (suurelta osin selittämätön) teknologian kehittyminen. Teknologian kehittymisen eksogeenisyys onkin neoklassisen mallin ongelmana: mikäli pääoman lisääntyminen on ensisijainen kasvua lisäävä tekijä TFP kasvun sijaan, tulisi kasvun hidastua pitkällä aikavälillä, johtuen pääoman vähenevistä rajahyödyistä.

Uuden endogeenisen kasvuteorian mukaan (Romer 1990) teknologian kehitys on endogeenistä, jolloin kasvua aikaansaadaan voittoa maksivoivien agenttien investoimassa teknologian kehitykseen. Endogeenisen kasvuteorian mukaan talous voi kasvaa myös ilman työ- ja pääomapanoksen kasvua,

koska työpanoksen käytön tuottavuus lisääntyy sekä teknologian kehittymisen, että tiedon kasautumisen johdosta. Ajatus vähenevistä rajatuotoista hylätään, sillä innovaatioiden ansiosta tietopääoma voi kasvaa rajatta.

Seuraavassa kappaleessa lähestytään tuottavuuden kasvua makronäkökulmasta valtioiden harjoittaman kasvutilinpidon avulla (eng. growth accounting).

3.2. Kasvutilinpito

Kasvutilinpidossa (eng. growth accounting) oletetaan, että IT pääoman määrällä voidaan mitata sen vaikutusta tuottavuuteen. Kasvutilinpidon avulla voidaan havainnollistaa mistä havaittu talouskasvu koostuu, sen avulla ei voida kertoa miten talouskasvu on syntynyt. Kasvutilinpidon ongelmana on se, että teknologian vaikutus lasketaan residuaalina (jäännösvirhe), joten mahdolliset ulkoisvaikutukset sisältyvät myös residuaaliin. Tästä syystä yhtälön tekijöiden vaikutuksia saatetaan aliarvioida. (Draca ym. 2006).

Modernien kasvuteorioiden mukaan esimerkiksi henkisellä pääomalla on merkittäviä ulkoisvaikutuksia². Kasvutilinpito aliarvioi systemaattisesti ulkoisvaikutusten merkitystä laskettaessa tekijöiden vaikutusta talouskasvuun (esim. korkeakoulutetun työvoiman ulkoisvaikutukset kehitys ja tutkimustyössä). (Draca ym. 2006).

² **Ulkoisvaikutus** eli **ulkoiskustannus** on taloustieteessä kaupankäynnin tai taloudellisen toiminnan vaikutus, joka koskee kolmansia osapuolia, jotka eivät osallistu tehtävään päätökseen. Jos toiminnan hyödyt tai haitat eivät rajoitu toimijoihin itseensä, ei päätöstä tehdä sosiaalisesti optimaalisella tavalla. Tyypillinen esimerkki negatiivisesta ulkoisvaikutuksista on saastutus. Positiivisia ulkoisvaikutuksia ajatellaan usein olevan muun muassa koulutuksessa. Ulkoisvaikutukset ovat yksi markkinahäiriöiden tärkeimmistä syistä. (Wikipedia 1, 2014).

Tekemällä oletus, että tuotannontekijöiden ja tuotosten markkinat ovat täydellisesti kilpaillut, voidaan tuotantofunktiosta korvata tuotannontekijöiden kertoimet (α_x) niiden osuudella tuloista. Merkitään osuutta tuloista muuttujalla s , tällöin voidaan kirjoittaa:

$$\alpha_x = s_x = \frac{\rho_x X}{pY}. \quad (3.2.1)$$

Yhtälössä 3.2.1 ρ_x tarkoittaa tuotannontekijän X yksikköhintaa ja p on tuotoksen hinta (tällöin pY merkitsee tuloja). Esim. ρ_l , tuotannontekijän L hinta, tarkoittaa palkkatasoa. Kun yhtälöstä 3.2.1 korvataan kertoimet α , osuudella tuloista s , saadaan tuotantofunktio muotoon:

$$\Delta y = \Delta a + s_l \Delta l + s_k \Delta k + s_c \Delta c + s_m \Delta m. \quad (3.2.2)$$

Yhtälössä 3.2.2 kaikki oikealla puolella olevat termit Δa lukuunottamatta (TFP kasvu) ovat havaittuja arvoja. Kasvutilinpito jakaa tuottavuuden kasvun tuotannontekijöiden kasvun ja residuaalin painotettuihin osuuksiin. Suuri osa työn tuottavuuden kasvusta koostuu residuaalin (TFP) vaikutuksesta. Residuaaliin sisältyy teknologian kehittymisen vaikutus (myös muu kehitys, joka parantaa muiden tuotannontekijöiden käytön tehokkuutta), kuten myös mahdolliset mittausvirheet. (Draca ym. 2006).

Oletettaessa vakioskaalatuotot ($\alpha_l + \alpha_k + \alpha_c + \alpha_m = 1$), voidaan yhtälö 3.2.2 kirjoittaa muotoon, josta saadaan työn tuottavuuden kasvu:

$$\Delta(y - l) = \Delta a + s_k \Delta(k - l) + s_c \Delta(c - l) + s_m \Delta(m - l). \quad (3.2.3)$$

Tuotannon kasvu tuntia kohden on funktio tuotannontekijöistä tuntia kohden, ja kokonaistuottavuuden TFP kasvusta. IT pääoman vaikutus tuotannon kasvuun yhtälössä on $s_c\Delta(c-l)$. Draca ym. 2006 kirjoittavat tuotantofunktion muotoon, josta saadaan riippuvuus myös arvonnisäyksen (v) muutoksen suhteen. Tällöin oletetaan tuotantofunktion olevan Leontief³ materiaalien suhteen, jolloin termi $s_m\Delta(m-l)$ poistuu.

$$\Delta(v-l) = \Delta a + s_k\Delta(k-l) + s_c\Delta(c-l). \quad (3.2.4)$$

IT vaikuttaa kokonaistuottavuuteen kahdella tavalla: informaatioteknologian pääomavaltaistumisella $s_c\Delta(c-l)$ (siltoin kun IT:aa käyttävät sektorit kasvattavat intensiteettiä, jolla ne käyttävät IT:aa) ja siltoin kun TFP kasvaa IT:aa tuottavilla sektoreilla. (Draca ym. 2006). Pääomavaltaistumisella tarkoitetaan sitä, että pääoman määrä työntekijää kohden kasvaa. Tällöin työn tuottavuutta voidaan parantaa, kun enemmän pääomaa on tarjolla työntekijää kohden.

3.2.1 IT:n hyödyntämistä edistävä organisatorinen pääoma

Uuden teknologian menestyksenkä hyödyntäminen vaatii yritykseltä IT projektissa toimenpiteitä. Yrityksen on organisoitava toimintansa huomioimaan uuden teknologian vaatimukset. Uudelleenorganisointi aiheuttaa kustannuksia (työntekijöiden koulutus, konsultointikulut, johtaminen jne.), ja onkin väitetty IT projektin kokonaiskustannusten olevan todellisesti jopa neljä kertaa suurempi kuin ohjelmistoihin ja laitteisiin käytetyt kulut. Esim. yhtä IT:n investoitua dollaria kohden investoitaisiin 9 dollaria organisaatioon. Näitä uudelleenjärjestelyistä aiheutuneita kuluja voidaan estimoida ekonometrisesti. Tuotantofunktiota voidaan estimoida siltoin kun organisatorisen pääoman O , ja IT pääoman välillä on interaktiota. (Draca ym. 2006).

³ Taloustieteessä Leontief tuotantofunktio (tai kiinteiden osuuksien tuotantofunktio) on tuotantofunktio, jossa tuotannontekijöitä käytetään kiinteissä (teknologian määrittämissä) osuuksissa, koska tuotannontekijät eivät ole korvattavissa keskenään. (Wikipedia2, 2014)

$$y = a + \alpha_l l + \alpha_k k + \alpha_c c + \alpha_m m + \alpha_o o + \alpha_{oc}(c * o) \quad (3.2.5)$$

Yhtälössä 3.2.5 hypoteesiksi saadaan $\alpha_{oc} < 0$. IT pääoman kertoimessa tulee olemaan systemaattista vaihtelua, mikä riippuu siitä onko yrityksellä suuri vai pieni O . (Draca ym. 2006).

3.2.2 Kasvutilinpidolla saatuja tuloksia

Valtaosa tutkimuksista, jotka estimoivat IT:n vaikutusta kasvuun ovat päätyneet tulokseen, jonka mukaan IT:lla on positiivinen vaikutus kasvuun. Keskimäärin 10 prosentin lisäys IT investoinneissa kasvattaa tuottavuuden kasvua 0,5-0,6 prosenttia. (Cardona, Kretschmer & Strobel, 2013).

Tutkimuksissa, joissa on selvitetty IT vaikutusta tuottavuuteen kasvutilinpidon avulla, on havaittu seuraavia seikkoja:

- Tuottavuusparadoksin syntyyn on vaikuttanut se, että IT pääoman määrä on vain pieni osuus kokonaispääomasta.

Solowin (1987) toteamus, ”voimme nähdä tietokoneaikakauden kaikkialla, paitsi tuottavuustilastoissa”, ei ole tosiasiassa paikkansapitävä. IT:n osuus esim. Yhdysvaltojen kokonaispääomasta on pieni. Tuotannontekijä, jonka osuus kokonaispääomasta on vähäinen, ei voi aikaansaada suurta vaikutusta talouskasvuun. Tällöin ei informaatioteknologia investoinneilla voida odottaa olevan suurta vaikutusta talouskasvuun. (Triplett, 1999).

Esim. IT pääoman osuus vastasi 10 prosenttia Yhdysvaltojen BKT:sta vuonna 1992, kun vertausvuotena oli 1987. Olettaen IT pääomaa hyödynnettävän tehokkaasti ja sen rajatuottavuuden ollessa 50 % (useimpien pääomainvestointien rajatuottavuus on pienempi kuin 50 %), tällöin BKT kasvaisi suoraan 5 % (10 % x 50 %), koska myös nykyisen IT pääoma määrä on huomioitava. IT pääoma ei kasvanut vuoden 1992 tasolle kyseisen vuoden aikana, vaan kasvun vaikutus on jaettava 30 vuodelle, minkä seurauksena todellinen vaikutus kokonais BKT:n kasvuun olisi vain 0,15 %. Kyseinen vaikutus olisi vaikea eritellä kokonaisuudesta ottaen huomioon kuinka moni muukin seikka vaikuttaa BKT:n kasvuun. Vaikka IT pääoman rajatuotto olisi välillä 0-65 %, vaikutus BKT:n kasvuun olisi suurimmillaankin vain 0,2 % luokkaa. IT pääoman osuuden kasvaessa

kokonaispääomasta, voidaan vaikutus nähdä myös kokonais BKT:n kasvussa. (Brynjolfsson ym. 2000).

- Tuottavuuden kasvu on kiihtynyt Yhdysvalloissa vuodesta 1995 lähtien ja tämä kasvu näyttää olevan sidoksissa informaatioteknologiaan. (Draca ym. 2006).

Erityisesti välillä 1995–2000 Yhdysvalloissa investoitiin suuria määriä informaatioteknologiaan, ja samanaikaisesti nautittiin korkeasta tuottavuudesta. Tuottavuuden kasvu aikavälillä 1996–1999 oli 4,8 % ja IT pääoman osuus kasvusta oli 1,1 %. TFP kasvusta 40 % voidaan katsoa olevan IT:aa tuottavien sektoreiden ansiota. (Cardona ym. 2013).

3.3. Tuottavuusestimointeja

Vaihtoehtoinen lähestymistapa tuottavuuden estimointiin on käyttää regressioyhtälöä (esim. kappale 4.2 Aral ym. (2006) tutkimuksessa), joka on loglinearisoitu Cobb-Douglas tuotantofunktio. Brynjolfsson ja Hitt (1995) esittävät yhtälön ao. muodossa:

$$\ln Q_{it} = \beta_1 \ln C_{it} + \beta_2 \ln K_{it} + \beta_3 \ln L_{it} + \text{kontrollit} + \epsilon_{it}. \quad (3.3.1)$$

Yhtälössä 3.3.1 Q:lla tarkoitetaan joko yrityksen tai toimialan saamaa lisäarvoa, kun taas valtion tasolla käytetään BKT:ta estimoinneissa. C on IT pääoma ja K ei IT pääoma, ln L on työpanos. Suurin osa estimoinneista tehdään paneelidatalla. Indeksillä i tarkoitetaan havaintoyksikköä eli valitulla estimointitasolla se on joko valtio, yritys tai toimiala, t kuvaa ajanjaksoa (useimmiten vuosi). Kontrollimuuttujina käytetään estimoinneissa esim. aika-dummy-muuttujia tai yritystason estimoinneissa toimiala, alue, yrityksen ikä jne. (Cardona, Kretschmer & Strobel, 2013).

Estimoidessa informaatioteknologian vaikutuksia yhtälöllä 3.3.1 törmätään seuraaviin ongelmiin: IT kerroin (β_1) saattaa virheellisesti huomioida estimoinnista pois jätettyjä tekijöitä kuten johtamistaito, mikäli aineistossa on havaitsematonta heterogeenisyyttä. Havaitsemattomat yrityskohtaiset tekijät saattavat korreloida positiivisesti IT pääoman kanssa ja aiheuttaa positiivista harhaa β_1 kertoimelle. Yritykset, joilla on vahva innovatiivinen osaaminen tai kyvykäs johto,

sijoittavat todennäköisesti enemmän informaatioteknologiaan ja nämä taustalla piilevät tekijät vaikuttavat estimoituun C :n β_1 kertoimeen. (Bloom ym. 2010).

IT investointien vaikutuksia huomioidessa on kiinnitettävä huomiota IT:n endogeenisyyteen: IT investoinnit osaltaan aikaansaavat tuottavuutta, mutta ne voivat olla myös tuottavuuden seuraus (käänteinen kausaalisuus). Yritystason tutkimuksissa tähän mahdolliseen käänteiseen kausaalisuuteen on puututtu paneeliaineistoilla, joissa käytetään viivästettyjä arvoja IT muuttujasta. Viivästettyjä arvoja ($t-1$, $t-2$ jne.) käytetään tunnistamaan IT:n ja tuottavuuden kausaalinen vaikutus ajanhetkellä t , sillä kaikki shokit, jotka tapahtuvat hetkellä t , eivät enää korreloi viivästettyjen IT arvojen kanssa. (Cardano ym.2013).

3.4. IT vaikutus tuottavuuteen yritystasolla

Suurin osa yritystason tutkimuksista on päätenyt siihen tulokseen, että IT:n ja tuottavuuden välillä on merkittävä positiivinen korrelaatio. Tämän lisäksi esim. Brynjolfssonin ja Hittin (1993) mukaan IT kertoimilla on suurempi merkitys kuin mitä voitaisiin olettaa neoklassisen talousteorian kasvutilinpitomallin perusteella. Selityksenä IT:n positiiviselle vaikutukselle tuottavuuteen on esitetty IT investointeja täydentävää organisatorista pääomaa.

Vaikka tuottavuusparadoksissa ilmiönä oltiin alun perin kiinnostuneita tuottavuudesta makrotasolla koko valtion näkökulmasta, todelliset IT investoinnit tehdään organisaatioiden, useimmiten yritysten toimesta. Yritystasolla ollaan kiinnostuneita investointien tuotosta, ja vaikka IT investoinnit olisivatkin kannattavia koko valtion tasolla, ei tämä silti tarkoita, että IT investoinnit parantaisivat yksittäisen yrityksen tuottavuutta. IT investointien kannattavuus yritystasolla on tärkeä huolenaihe, esimerkiksi osa investointien hyödyistä saattaa kasvattaa kuluttajan hyvinvointia, näkymättä silti yrityksen tuottavuudessa. (Dedrick, Gurbaxani & Kraemer 2003).

Tuottavuusparadoksin motivoimana, alettiin IT:n vaikutuksesta yritystasolla tehdä tutkimusta 1980–90-luvuilla. Varhaiset tutkimukset eivät pystyneet osoittamaan IT investointien kannattavuutta, mikä johtui useimmissa tapauksissa puutteellisesta datasta, jolla arvioitiin IT investointien määrää ja pienistä otoksista. (Brynjolfsson ym. 1996).

Lannistavimmat tulokset saatiin tutkimuksissa, joissa tutkittiin palvelualojen kuten pankkien ja vakuutusyhtiöiden IT investointien vaikutuksista saatuja tuloksia. Näiden mukaan riippuvuus IT:n ja tuottavuuden välillä on heikko tai olematon (Dedrick ym. 2003).

Taulukko 3.4.1. Yritystason tutkimuksia IT:n tuottavuudesta (Dedrick ym. 2003).

Tutkimus	Data otos	Löydökset
IT ja yrityksen suorituskyky		
Strassmann (1990)	38 Yhdysvaltalaisesta yritystä	Ei korrelaatiota IT kulujen ja yrityksen suorituskyvyn välillä.
Loveman (1994)	60 liiketoimintayksikköä 20:ssä Yhdysvaltalaisessa yrityksessä	IT investoinnit eivät kasvata tuotantoa.
Barua et. al (1995)	Sama kuin Lovemanin (1994) otos	IT parantaa ainakin välituotetta, jos ei vaikuta lopputuotteeseen.
Brynjolfsson ja Hitt (1993)	Suuria Yhdysvaltalaisia tuottajia	IT brutto marginaalinen tuotto on yli 50 prosenttia teollisuustuotannossa.
Brynjolfsson ja Hitt (1995)	Suuria Yhdysvaltalaisia tuottajia	Yrityskohtaisilla ominaisuuksilla voidaan selittää yli puolet edellisen tutkimuksen tuottavuus hyödyistä.
Lichtenberg (1995)	Yhdysvaltalaisia yrityksiä 1989–1991	IT:lla on ylisuuret tuotot: yhdellä informaationsysteemityöntekijällä (IS) voidaan substituoida kuutta ei-IS työntekijää sen vaikututtamatta tuotantoon.
Brynjolfsson ja Hitt (1996)	367 suurta Yhdysvaltalaisesta yritystä	Bruttotuotto IT investoinneilla on 81 prosenttia. Nettotuotto vaihtelee 48-67 prosentissa riippuen arvonalentumisen asteesta.
Hitt ja Brynjolfsson (1996)	370 Yhdysvaltalaisesta yritystä	IT investoinnit lisäävät yrityksen tuottavuutta ja kuluttajan hyvinvointia, mutta ei kannattavuutta.
Dewan ja Min (1997)	300 suurta Yhdysvaltalaisesta yritystä	IT on nettosubstituutti sekä pääomalle että työlle. IT:lla havaittavissa ylisuuret tuotot suhteessa työpanokseen.
Brynjolfsson et al. (1998)	Otos Fortune 1000 Yhdysvaltalaisista yrityksistä 1987-1994	Pörssi-arvo yhdelle dollarille IT pääomaa on sama kuin 5-20 dollaria muuta osakepääomaa.
Gilchrist et al. (2001)	Otos Fortune 1000 Yhdysvaltalaisista yrityksistä	IT tuottavuus on suurempi IT tuottavissa yrityksissä kuin sitä käyttävissä yrityksissä.
Greenan et al.	Ranskalaisia yrityksiä	IT investointien bruttotuotot ovat positiiviset ja suuremmat kuin ei-IT investointien tuotot.

Taulukossa 3.4.1 näkyy kooste Dedrick ym. (2003) valitsemista yritystason tutkimuksista. Barua ym. (1995) saivat positiivisia tuloksia IT investointien kannattavuudesta tutkiessaan tuotantoyrityksiä. Dedrick ym. (2003) mukaan saadut tulokset voitiin selittää sillä, että tuotantoyritysten lopputuotteiden määrää on helpompi arvioida, ja korjata huomioimaan mm. laadun muutokset, kuin esim. palvelualan yritysten.

1993 lähtien tutkimuksissa otettiin käyttöön laajemmat otokset, näistä Dedrick ym. (2003) mainitsevat mm. Brynjolfssonin ja Hittin (1995), Brynjolfssonin (1996) sekä Lichtenbergin (1995) tekemät tutkimukset. Kyseisissä tutkimuksissa käytettiin aineistoina suurien Yhdysvaltalaisen yritysten dataa, joka oli kerätty mm. markkinatutkimuksina ja kyselytutkimuksina tietohallintojohtajilta. Näihin tietoihin yhdistettiin luotettavilta tahoilta saatuja rahoitustietoja. Kaikissa edellä mainituissa tutkimuksissa päädyttiin siihen tulokseen, että IT investoinnit edistävät yrityksen tuottavuutta, ja IT investointien bruttorajatuotto on suurempi kuin muilla investoinneilla. Mahdollinen selitys siihen, että tulokset poikkesivat aiemmista tutkimuksista (joista ei löytynyt positiivista riippuvuutta) on, että IT investointien määrät olivat kasvaneet, jolloin niiden vaikutus oli helpompi erottaa. Tämän lisäksi ajan kuluessa IT:n tehokkaaseen hyödyntämiseen vaadittavaa oppimista oli ehtinyt tapahtua. Myös paremmat aineistot otosta varten ja parempien analyyttisten työkalujen käyttö mahdollisti erottamaan IT investointien todelliset vaikutukset. (Dedrick ym. 2003).

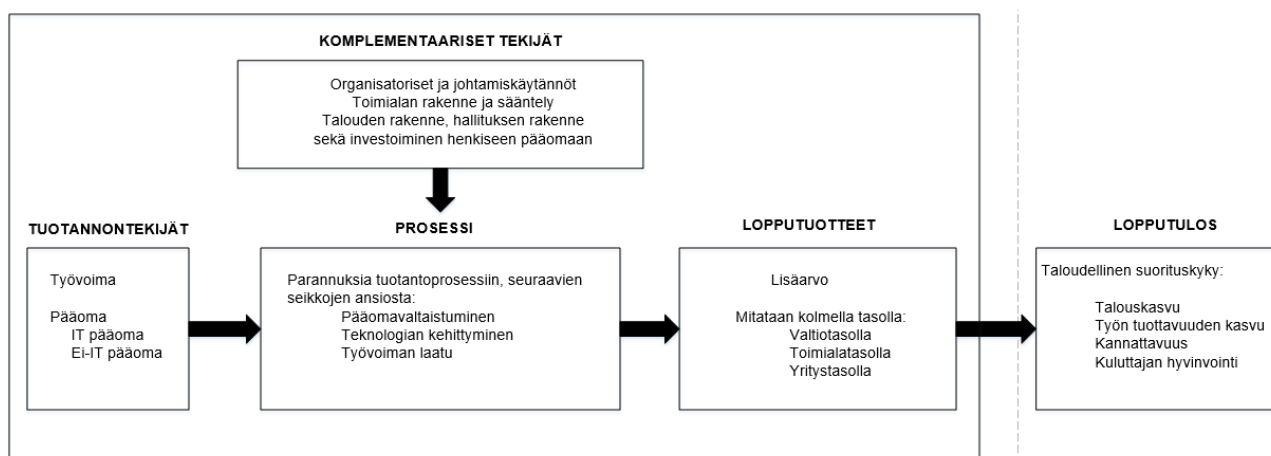
Enemmistö tutkimuksista osoittaa yritysten IT investointien ja tuottavuuden välillä olevan positiivista riippuvuutta. Yritysten välillä on kuitenkin suurta hajontaa siinä, kuinka IT investoinnit on saatu hyödynnettyä. Tuottavuustilastot vaihtelevat suuresti yritysten välillä. Brynjolfssonin ym. (1995) arvioivat, että jopa puolet IT investoinneista saaduista hyödyistä voitaisiin selittää ”yritystekijöillä”, eli ominaisuuksilla, jotka ovat yritykselle omalaatuisia. Yrityksillä on erilaiset markkina-asemat, toisistaan poikkeavat kustannusrakenteet (ja mahdollisia jäykkyyksiä kustannusrakenteessa kuten työsopimukset), erilaiset visiot ja johtaminen, jotka kaikki vaikuttavat siihen kuinka hyvin yritys onnistuu hyödyntämään IT mahdollisuudet. Kyseiset tekijät ovat jäykkiä lyhyellä aikavälillä, mutta niihin voidaan vaikuttaa pitkällä aikavälillä. (Dedrick ym. 2003).

Yritykset poikkeavat toisistaan mm. seuraavilla tavoilla: organisaatiomalli, strategia ja johtamismalli. Yritysjohdanto voi parantaa IT:n hyödyntämisen tehokkuutta uudelleenjärjestelemällä

toimintoja ja kehittämällä prosesseja, joilla voi suoraan vaikuttaa IT:n hyödyntämiseen (esim. työntekijöiden koulutus). (Dedrick ym. 2003).

4. INFORMAATIOTEKNOLOGIA JA TALOUDELLINEN SUORITUSKYKY

Keskeisiä tutkimuskysymyksiä alalla ovat: miksi yrityksen investoivat informaatioteknologiaan, mikäli niistä saatava hyöty ei näkyisi tuottavuuden kasvuna? Mikäli informaatioteknologia edistää tuottavuuden kasvua, miksi tulokset eivät näy selvemmin? Vaikutusten mittaaminen on edelleen ongelmana tutkimuksissa.



Kuva 4.1 IT ja taloudellinen suorituskyky. Dedrick ym. (2003).

Informaatioteknologian vaikutusta tuottavuuteen ja yrityksen suorituskykyyn tutkittaessa noudatetaan kuvan 4.1 mukaista viitekehystä. Siirtyessä mallissa vasemmalta oikealle, tunnistetaan tuotantoprosessin tuotannontekijät (työ ja pääoma) sekä komplementaariset tekijät, jotka vaikuttavat tuotantoprosessiin. Viitekehys mahdollistaa arvioimaan tuotannontekijöiden vaikutusta tuotokseen (arvon lisääntyminen, BKT) sekä vaikutuksen lopputuloksiin (talouskasvu jne.). Viitekehys myös erottelee vaikutuksen eri talouden tasoille (valtio, toimiala, yritys). (Dedrick ym. 2003). Seuraavissa kappaleissa käydään läpi IT:n vaikutusta tuottavuuteen viitekehystä noudattaen.

4.1. Miten tuotantopanoksien korvaaminen informaatioteknologialla on vaikuttanut tuottavuuteen?

Informaatioteknologian käytön lisääntymisen voidaan katsoa olevan suoraa seurausta IT:n hintojen laskusta. IT:n käytön halventuminen on edesauttanut korvaamaan muuta pääomaa ja työtä IT-tuotteilla sekä laitteilla. Jorgenson ja Stiroh (1999) kyseenalaistavat tutkimuksessaan: ”Information Technology and Growth”, voidaanko IT:n käytön lisääntymistä rinnastaa teknologian muutokseen?

Teknologian kehittyminen siirtää tuotantofunktiota, joten voidaanko tuotannontekijöiden korvaamista toisilla tuotannontekijöillä – IT:n määrän lisääntyminen vähän IT:aa käyttävällä alalla – pitää teknologian kehittymisenä? Teknologian kehittymisen tuloksena tuotanto kasvaa mutta onko IT-investoinneilla saatu aikaan kasvua? Jorgenson ym. arvioivat tutkimuksessaan, mikä vaikutus muiden tuotannontekijöiden korvaamisella informaatioteknologialla on ollut teknologian kehittymiseen. He osoittavat voittoa maksimoivien yritysten ja hyötyä maksimoivien kuluttajien korvanneen muita tuotantopanoksia informaatioteknologialla ja hyödyntäneen työn tuottavuuden kasvua.

Solowin residuaali kuvastaa taloudellisen kasvun muutokset, joita ei voida perustella tuotannontekijöiden avulla. Solowin residuaalin kasvu on hidastunut merkittävästi vuodesta 1973, milloin IT-investointien määrä kasvoi merkittävän suureksi, jonka takia Solowin tuottavuusparadoksi on ollut useiden tutkimusten kohteena. (Jorgenson ym. 1999). Kokonaistuottavuuden kasvu (teknologian kehittyminen) on hidastunut, ja vuosina 1990–96 vuosittainen kasvu oli vain 0,23 prosenttia (0,34 prosenttia 1973–90). Informaatioteknologiainvestointien vaikutus tulisi näkyä kokonaistuottavuuden kasvuna, ei vähenemisenä. IT investointien vaikutus ei ole siis nähtävissä teknologian kasvuna ekonomisesta näkökulmasta: investointien tuotto on päätynyt IT yritysten ja kuluttajien hyödyksi (halventuneet hinnat ja kalliimpien tuotannontekijöiden korvaaminen halvemmillä). (Jorgenson ym. 1999).

Mitatakseen kasvun lähteitä, analysoivat Jorgenson ym. Christensenin ja Jorgensonin (1973) muodostamaa mallia, jolla pyrittiin erottelamaan tuotto, joka on saatu investoinneista ja kulutushyödykkeistä, niiden pääoma- ja työpanoksista. Yritykset käyttävät IT:aa

tuotantopanoksena, kotitalouksille IT on kulutusta. Jorgenson ym. estimoivat, kuinka paljon IT-laitteiden palveluilla on pystytty korvaamaan muita tuotannontekijöitä aikavälillä 1948–96. Kokonaistuotantofunktiolla kuvataan, kuinka tuotannontekijät kuten K=pääoma, L=työpanos, D=kuluttajien ”kestävät” palvelut sekä T=teknologia, hyödynnetään valmistaessa tuotantoa: investointihyödykkeet I, kulutushyödykkeet ja palvelut C, sekä virtaus palveluita S, jotka on saatu kuluttajien kestävästä palveluista.

$$g(I, C, S) = f(K, D, L, T) \quad (4.1.1)$$

Erottaakseen IT:n vaikutuksen yhtälöstä jakavat Jorgenson ym. (1999) yhtälön 4.1.1 seuraavaan muotoon:

$$g(I_c, I_n, C_c, C_n, S_c, S_n) = f(K_c, K_n, D_c, D_n, L, T) , \quad (4.1.2)$$

missä alaindeksi *c* viittaa tietokoneiden osuuteen ja *n* alaindeksi ei-tietokone osuuteen. Yhtälö 4.1.2 voidaan kirjoittaa uusiksi tuotannontekijöiden ja tuotosten kasvuasteiden painotettuina keskiarvoina, jolloin saadaan kasvutilinpidon yhtälö.

Tuotantokustannukset on minimoitu, kun tuotantopanosten marginaalinen rajasubstituutiosuhde (MRS) vastaa tuotantopanosten hintasuhteita. Hyöty on maksimoitu, kun kulutuksen MRS vastaa kuluttajien hyödykkeiden ja palveluiden hintasuhteita. Tuotantopanoksen hinnan lasku johtaa muiden tuotantopanosten korvaamiseen halvemmallalla tuotantopanoksella tai kulutushyödykkeellä. IT hyödykkeiden hintana käytetään tutkimuksessa niiden vuokraushintoja, jotka kuvaavat IT hyödykkeen käytön vuosittaista hintaa.

Taulukosta 4.1.1 voidaan nähdä, että tietokoneinvestointien hinnat laskivat 1990–96 välisenä aikana 16,6 % ja kulutushyödykkeet 24,2 % vuosittain. Lopputuotteiden hintojen halpeneminen näkyy myös tuotannontekijöiden vuokrahintojen halpenemisena: tietokonepalveluiden vuokrahinta laski 14,9 % ja kuluttajien tietokonepalveluiden vuokrahinta laski 23,4 % vuosittain. Suhteellisten hintojen muututtua, yritykset ja kuluttajat ovat korvanneet muita hyödykkeitä ja palveluita IT tuotteilla. Tämän seurauksena IT investoinnit lisääntyivät yrityksissä 28,3 prosentilla vuodessa ja kuluttajien investoinnit lisääntyivät 37,3 prosentilla. Jorgensonin ym. mukaan taulukon data antaa

selvän kuvan USA:n taloudessa tapahtuneesta substituutiosta, joka on tapahtunut ko. aikavälillä. Kuitenkin USA:n talous kasvoi aikavälillä vain 2,4 %.

Jorgenson ym. käyttävät estimoinneissaan BEA:lta (1998) saatua investointi dataa:

Taulukko 4.1.1, Jorgenson ym. (1999).

Vuosittaiset kasvuasteet, 1990–96

	Hinnat (%)	Määrät (%)
Lopputuotteet		
Kokonaistuotanto	2,33	2,36
Ei-tietokoneet	2,60	2,01
Tietokoneet	-18,69	30,37
Investointihyödykkeet (I_c)	-16,55	28,32
Kulutushyödykkeet (C_c)	-24,23	37,32
Kuluttajien “kestävät” palvelut (S_c)	-23,41	31,92
Tuotannontekijät		
Pääomapalvelut (K)	3,24	1,82
Ei-tietokoneet (K_n)	3,59	1,50
Tietokoneet (K_c)	-14,94	18,71
Kuluttajien “kestävät” palvelut (D)	1,95	2,87
Ei-tietokoneet (D_n)	2,28	2,49
Tietokoneet (D_c)	-23,41	31,92
Työpanos (L)	2,25	2,19

Kaikki arvot ovat keskiarvoja, vuosittaisia prosentteja

Analysoidakseen talouskasvun lähteitä ovat Jorgenson ym. (1999) yhdistäneet yhtälössä dataa investointihyödykkeistä, kulutushyödykkeistä, pääomapalveluista, kuluttajien kestävien hyödykkeiden palveluista ja työvoimapalveluista. Taulukko 4.1.2 ilmoittaa Jorgenson ym. (1999) estimomat Yhdysvaltojen kotimaan talouden kasvun lähteet vuosilta 1948–96, jotka he ovat jakaneet kolmeen jaksoon: 1948–73, 1973–90, 1990–96. Jaksolla 1948–96 talous kasvoi 3,4 % vuosittain. Pääomapalvelut olivat suurin kasvun lähde, niiden osuus kokonaiskasvusta on 43 %, työn osuus kokonaisuudesta on 32 % ja TFP residuaalin osuus 25 %. Tuotannon ja TFP:n kasvu

hidastuivat merkittävästi 1973 jälkeen, ja tuloksista voidaan huomata myös toinen pienempi kasvun hidastuminen 1990 jälkeen. Jorgenson ym. (1999).

Taulukko 4.1.2, Jorgenson ym. (1999).

Yhdysvaltojen taloudellisen kasvun lähteet 1948–96

	1948-73	1973-90	1990-96
Kokonaistuotannon kasvu	4,020	2,857	2,363
Ei-tietokone tuotannontekijöiden osuuden vaikutus	3,978	2,650	1,980
Tietokone tuotannontekijöiden osuuden vaikutus	0,042	0,207	0,384
Investointihyödykkeet (I_c)	0,042	0,171	0,258
Kulutushyödykkeet (C_c)	0,000	0,024	0,086
Kuluttajien ”kestävät” palvelut (S_c)	0,000	0,012	0,040
Pääomapalveluiden osuuden vaikutus(K)	1,073	0,954	0,632
Ei-tietokoneet (K_n)	1,049	0,845	0,510
Tietokoneet (K_c)	0,025	0,109	0,123
Kuluttajien ”kestävien” palveluiden osuuden vaikutus (D)	0,550	0,426	0,282
Ei-tietokoneet (D_n)	0,550	0,414	0,242
Tietokoneet (D_c)	0,000	0,012	0,040
Työpanoksen osuuden vaikutus (L)	1,006	1,145	1,219
Kokonaistuottavuus (TFP)	1,391	0,335	0,231

Tuotantopanosten ja lopputuotteiden osuuksien vaikutus on laskettu reaalisina kasvuasteina, jotka on painotettu keskimääräisillä nimellisillä osuuksilla.

Kaikki arvot ovat keskiarvoja, vuosittaisia prosenttiosuuksia

Tuotannon kasvu 1990–96 oli 2,4 % vuosittain, mikä eroaa lähes puoli prosenttia edellisen jakson 1973–90 2,9 prosentista. Kasvu oli hidastunut jopa yli prosentin 1948–73 jaksosta (4,0 %). Tämä kontrasti kasvuasteissa on tuottavuusparadoksi keskustelun lähtökohtana. Olettamus, että tietokoneaikakausi saa aikaan tuottavuuden ja TFP:n kasvua, ei näy Jorgensonin ym. (1999) mukaan estimointien tuloksissa.

Tuottavuuden kasvun hidastuminen 1973 jälkeen voidaan katsoa johtuvan suureksi osaksi TFP kasvun romahtamisesta. 1990 jälkeen tapahtunutta kasvun hidastumista selitetään pääomapanosten kasvun hidastumisella. Työpanoksen osuus kasvusta lisääntyi kun taas pääomapalveluiden osuus

yrittäjä ja kotitaloussektoreilla laski, vaikka IT laitepalveluiden osuus on kasvanut nopeasti. Jorgensonin ym. (1999) mukaan vain 10:tä prosenttia kokonaiskasvusta ei voida selittää substituutiolla panosten välillä (kun on otettu huomioon työ- ja pääomapanosten laatu ja määrä), jolloin se on katsottu TFP residuaalin osuudeksi. Jorgenson ym. (1999).

Taulukossa 4.1.2 on jaettu tietokonetuotannon vaikutus tuotannon kasvuun kolmeen osaan: investointeihin, kulutusostoihin ja kulutuspalveluihin. Muun tuotannon vaikutus on yhdistetty yhteen indeksiin sarakkeeseen ”ei-tietokone tuotanto”. Taulukosta huomataan, että tietokoneiden vaikutuksesta talouskasvuun tärkeimpänä on tietokone investointihyödykkeenä, jaksolla 1990–96 vaikutus oli 0,26 prosenttiyksikköä kasvusta. Kotitalouksien hankkimat atk-laitteet ja palvelut, jotka liittyvät laitteistoihin, selittävät 0,13 prosenttiyksikköä kasvusta, mikä on puolet pienempi kuin investointien vaikutus.

Jorgenson ym. (1999) päätyvät tutkimuksessaan toteamaan, että tietokoneisiin liittyvät heijastusvaikutukset, kasvavat tuotot tietokoneiden tuotannossa ja käyttämisessä sekä verkostoitusvaikutukset muuttavat Yhdysvaltojen taloutta, kuitenkin saamatta aikaan nopeampaa tuotannon kasvua tai TFP kasvua. Sen sijaan tietokoneiden valmistajat ja käyttäjät ovat sisäistäneet tuotot, jotka on saatu investoimalla IT laitteistoihin. Jorgensonin ym. (1999) mukaan nämä talouden agentit nauttivat tavallisesta korkeammista tuotoista. Tuottojen suuruutta he selittävät IT teknologian tuotannon kehittymisen nopealla vauhdilla, ja IT laitteistojen nopealla hyödyntämisellä substituution avulla.

Jorgensonin ja Stirohin tutkimuksen mukaan tietokoneiden hintojen nopea halpeneminen edesauttoi substituoimaan muita kalliimpia tuotannontekijöitä, ja investointeja informaatioteknologiassa. Tuotannontekijöiden hinnat vaikuttavat niiden käyttösuhteisiin, koska tekijät ovat ainakin jossakin määrin korvattavissa keskenään. IT:n hintojen halpeneminen on lisännyt pääomavaltaistumista (esim. työn ollessa kallista, sitä on korvattu pääomalla).

4.2. IT:n vaikutus yrityksen tuottavuuteen, käänteinen kausaalisuus?

Aral, Brynjolfsson sekä Wu (2006) (jatkossa Aral ym. 2006) esittelevät tutkimuksessaan: “Which came first, IT or productivity? The virtuous cycle of investment and use in enterprise systems”, näkökulman, jossa kyseenalaistetaan IT:n vaikutus tuottavuuteen. He lähestyvät ongelmaa tarkastelemalla, ovatko hyvin tuottavat yritykset valmiimpia sijoittamaan informaatioteknologiaan vai onko tuottavuus IT:n tulosta? Tutkimuksen pohjatietona käytetään Brynjolfssonin ja Hittin (2000) tutkimusta, jonka mukaan voidaan todeta IT intensiivisten yritysten olevan tuottavampia kuin IT:tä vähemmän hyödyntävien yritysten. Seuraavassa kappaleessa esitellään tutkimuksen kannalta merkittävät termit ja niiden taustaa, jonka jälkeen perehdytään Aral ym. (2006) tutkimukseen.

4.2.1 ERP-järjestelmä määritelmä ja hyötyjä

ERP- (Enterprise Resource Planning = toiminnanohjausjärjestelmä) järjestelmällä tarkoitetaan yrityksen tietojärjestelmää, joka on luotu mm. yrityksen liikkeenjohtoa varten. ERP-järjestelmällä liikkeenjohto voi hallinnoida erinäisiä yrityksen toiminnallisia moduuleja kuten myynti, osto, markkinointi, tuotanto, varastohallinta, taloushallinto jne. (Hossain, Patrick & Rashid 2002).

ERP-järjestelmillä pyritään aikaansaamaan seuraavia vaikutuksia:

Taulukko 4.2.1 (Hossain ym. 2002).

Mahdollinen hyöty	Kuinka saavutetaan
Luotettava tietojen saatavuus	Yksi yhteinen tietokannan hallintajärjestelmä, ja paikkansapitävää dataa, parannellut raportit.
Vältetään turhaa dataa ja operaatioiden päällekkäisyyttä	Moduulit hakevat samat tiedot keskustietokannasta, vältetään tietojen syöttämistä useaan kertaan ja päivitetään operaatiot. Tiedot tallennetaan samaan tietokantaan, jolloin reaaliaikaisen tietojen jako eri toimintojen välillä on helppoa.
Toimitusaikojen ja syklin lyheneminen	Minimoi viivästyksiä, jotka aiheutuvat hakemisesta ja raportoinnista.
Kustannussäästöt	Ajansäästö, parempi valvonta, mahdollistaa koko yrityksen organisatoristen päätösten analysoinnin
Helppoa muunneltavuutta	Yrityksen liiketoimintaprosessien uudelleenjärjestely ja muokkaaminen.
Parantunut skaalautuvuus	Strukturoitu ja modulaarinen muotoilu.
Gloaali saavutettavuus	Laajennetut moduulit kuten CRM (asiakassuhteiden hallinta) ja SCM (toimitusketjun hallinta)
E-kaupankäynti	Internet kaupankäynti

4.2.2 Tutkimuksen läpikäynti

Tutkimuskysymykseen (onko IT:n vaikutuksessa tuottavuuteen kyseessä käänteinen kausaalisuus) haetaan vastausta empiiristen havaintojen avulla: tutkimusaineistona Aral ym. (2006) käyttävät ajalta 1998–2005 kerättyä Yhdysvaltojen aineistoa. Aineisto sisältää havainnot 623 suuren yrityksen julkisista IT- järjestelmien hankinnoista. IT-järjestelmillä tutkimuksessa tarkoitetaan ERP- (Enterprise Resource Planning = toiminnanohjausjärjestelmä), SCM- (Supply Chain Management = toimitusketjun hallinta) sekä CRM-järjestelmiä (Customer Relationship Management = asiakassuhteiden hallinta). Aineistossa on eroteltu IT-järjestelmien ostotapahtuma niiden asennuksesta ja käytöstä. Kyseinen huomio on merkittävä, sillä IT-järjestelmistä saatava hyöty on usein nähtävissä vasta viiveellä. Kappaleessa rajataan tutkimus ERP-järjestelmien

vaikutukseen. Tutkimuksen mukaan ERP-järjestelmien ostotapahtuman ja yrityksen suorituskyvyn välillä ei havaita korrelaatiota, kun taas go-live (alan terminologiaa, käyttöönotto) tapahtumien ja suorituskyvyn välillä voidaan todeta olevan positiivista korrelaatiota. (Aral ym. 2006).

Informaatioteknologian vaikutuksessa kannattavuuteen tärkeässä osassa on pohdinta IT:n investointien merkitys; kasvaako tuottavuus IT investointien tuloksena? Vaikka yrityksen suorituskyvyn ja IT:n välillä voidaan havaita positiivista korrelaatiota, tämä ei silti riitä kausaalisuuden todistamiseen kyseisten muuttujien välillä. Tuottavuuden kasvu saattaa olla myös sivutuote, joka riippuu yrityksen muista menestystekijöistä.

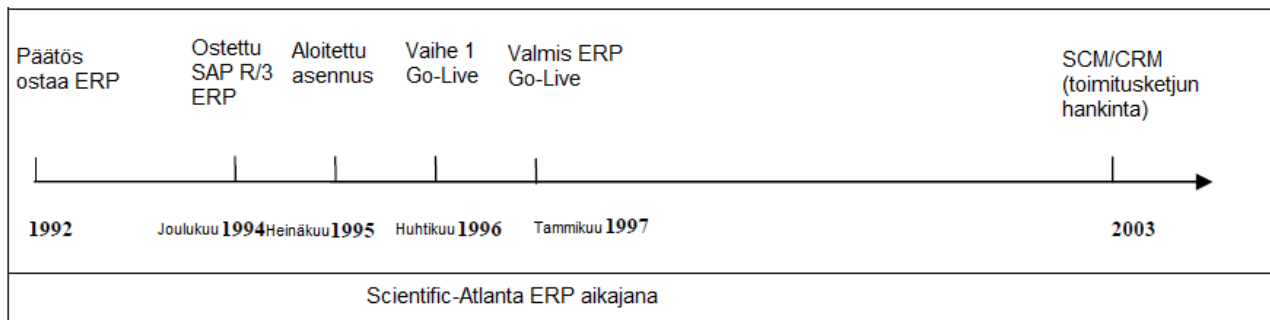
Aral, Brynjolfsson ja Wu asettivat tavoitteekseen muodostaa johtopäätöksiä kausaalisuuden suunnasta IT-järjestelmien ja suorituskyvyn välillä, sekä tutkia IT:n omaksumisen vaikutuksia tuottavuuteen ja suorituskykyyn yrityksen prosessien sisällä ja yrityksen ulkopuolella.

Aral ym. päätyivät siihen lopputulokseen, että ERP-järjestelmän oston ja yrityksen suorituskyvyn välillä ei voida havaita mitään korrelaatiota, sen sijaan go-live-tapahtumat ja suorituskyky ovat positiivisesti korreloituneita keskenään. Tästä voimme päätellä ERP-järjestelmän hankinnan saavan aikaan yrityksen suorituskyvyn; tuottavuuden kasvua.

Välttääkseen samanaikaisuudesta aiheutuvan harhan aineistoa estimoidessa (esimerkiksi mikäli yritys aloittaa suuren IT-investoinnin aikana, jolloin yrityksen tuotteiden kysyntä on ollut korkea, voidaan firman suorituskyvyn odottaa myös olevan suuri), ovat Aral ym. erottaneet IT-järjestelmien ostotapahtuman, Go-live-tapahtumasta. Tällä he ovat pyrkineet erottamaan yrityksen päätöksen investoida uuteen teknologiaan, sen käyttöönoton vaikutuksista päivittäisiin toimintoihin. Olettaen, että yrityksen suorituskyky riippuu IT:n käyttöönotosta mutta ei sen ostosta: voidaan päätellä, että näiden muuttujien riippuvuutta ei ohjaa investointipäätöksen ja suorituskyvyn samanaikainen määräytyminen.

Suuri osa tutkimuksista käsittelee IT:n ostopäätöstä ja sen käyttöönottoa yhtenä tapahtumana. Laaja-alaisen IT-ohjelmistojen käyttöönotto saattaa kestää kuitenkin vuosia, jolloin myös tuloksien näkyminen viivästyy. Esimerkkinä Aralin ym. tutkimuksessa käytettiin haastatteluja, jotka saatiin Scientific-Atlanta nimiseltä yritykseltä, joka on globaali tiedonsiirtoverkkojen tarjoaja. Aika, joka

kului yrityksen johdon päätöksestä hankkia ERP-järjestelmä Go-Live tapahtuman alkuun, oli jopa 5 vuotta.



Kuva 4.2.1 Scientific-Atlanta ERP aikajana (Aral ym. 2006).

Mikäli IT:n käyttöönotto on yrityksen suorituskykyyn vaikuttava tekijä, tällöin ei saada havaita riippuvuutta ostotapahtuman ja tuottavuuden välillä, kun taas Go-Live tapahtuman ja tuottavuuden välillä olisi löydettävä positiivinen korrelaatio.

Aral ym. keräsivät aineistoa yhteensä 2428 IT-ohjelmiston hankinnasta vuosina 1998–2005. Aineisto sisältää kaikki Yhdysvaltojen 150 merkittävimmän ohjelmistojen tarjoajien myynneistä (tiedot on saatu suoraan ohjelmistojen tarjoajien tietokannoista). Aineistosta poistettiin yksityiset yritykset, ja ne joiden aineisto oli puutteellinen. Jäljelle jäi 623 yrityksen havainnot 8-vuoden ajalta (taulukot 4.2.2 ja 4.2.3. liitteet).

Aral ym. testaavat riippuvuutta seuraavalla estimoinnilla:⁴

$$\log(\text{suorituskyvyn osoittaja}) = \alpha + \beta_1 \log(\text{suorituskyvyn nimittäjä}) + \beta_2 \text{järjestelmän omaksuminen}$$

⁴ Järjestelmän omaksumisen muuttujana on binääriset dummy muuttujat, jotka seuraavat ERP-järjestelmän vaiheista ostoa, asennusta ja Go-live-tapahtumaa.

$$+ \sum \text{vuosi kontrollimuuttuja} + \sum \text{toimiala kontrollimuuttuja} + \varepsilon$$

estimointikaava on saatu Hitt, Wu ja Zhou (2002) (jatkossa Hitt ym. 2002) tutkimuksesta: ”Investment in Enterprise Resource Planning: Business Impact and Productivity Measures”. Estimoinnissa on käytetty suhdelukuja, jotka mittaavat työn tuottavuutta, ROA:n (return on assets) avulla laskettua tuottavuutta eli nettotulot suhteessa kokonaisvarallisuuteen sekä välivaiheen operationaalisten vaiheiden tuottavuutta (esim. varaston kiertoaikaa, keräilyn tehokkuutta). Tilapäisten shokkien vaikutusta suorituskykyyn on kontrolloitu lisäämällä dummy muuttuja jokaiselle vuodelle ja toimialaryhmille.

Hitt ym. 2002 kuvaavat yrityksen tuottavuutta Cobb-Douglas tuotantofunktion avulla:

$$\log(VA) = MFP + \text{omaksuminen} + a_1 \log K + a_2 \log L \\ + \text{vuosi kontrollimuuttuja} + \text{toimiala kontrollimuuttuja} + \varepsilon$$

VA (value added) eli lisäarvo, joka on saatu IT:n käyttöönoton seurauksena (myynnit=väli tuotteiden arvo), K=pääoma, L=työvoima.⁵ MFP=multifactor productivity eli tuotannon suhde indeksiin, joka muodostuu tuotannontekijöistä, jotka yritys kuluttaa. Estimoidulla tuotantofunktiolla, voidaan verrata tuotannon kasvun muutoksia, jotka ovat IT:n käyttöönoton vaikutusta.⁶ (Hitt ym. 2002).

Aral ym. käyttävät tuotantofunktiosta yleisempää muotoa:

⁵ Toimialat, jotka sisältyvät tutkimukseen ovat: Kaivostoiminta/rakennusala, prosessituotanto, huipputeknologia-tuotanto, muiden kestohyödykkeiden valmistus, muiden ei kestohyödykkeiden valmistus, tukkuliiketoiminta, kaupankäynti, vähittäismyynti, kuljetus, palveluntarjoajat (sähkö, vesi, kaasu), rahoitus ja muut palvelut.

⁶ Tuotantofunktion avulla voidaan parhaiten tarkastella lyhytaikaisia vaikutuksia.

$$\log(VA) = \alpha + \beta_1 \log K + \beta_2 \log L + \beta_3 \text{omaksuminen} + \Sigma \text{vuosi kontrollimuuttuja} + \Sigma \text{toimiala kontrollimuuttuja} + \varepsilon.$$

Tarkemmat määrittelyt suorituskvyn mittaamiselle löytyvät liitteistä (taulukko 4.3.3).

Varmentaakseen kausaalisen tulkinnan, Aral ym. estimoivat regression todennäköisyydestä ostaa ERP, SCM ja CRM yrityksen suorituskvyn funktiona:⁷

$$\ln\left(\frac{P(Y_i=1)}{1-P(Y_i=1)}\right) = \alpha + \Sigma \beta X + \varepsilon.$$

Seuraavassa taulukossa on verrattu Hitt ym. (2002) saamia tuloksia Aral ym. (2006) tuloksiin.

Taulukko 4.2.4 Aral ym. 2006, 10.

Toiminnanohjausjärjestelmän tuotot: 1986–98 & 1998–2005									
Testi	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	Labor Prod.	ROA	Invent Turn	ROE	Profit Mrgn	Asset Util.	Collection Efficiency	Leverag.	Output (Prod.)
1ERP 86–98	,163*** (,048)	-,073 (,072)	,126*** (,061)	-,085 (,061)	-,036 (,073)	-,016 (,033)	-,008 (,043)	,106 (,089)	-,017 (,017)
R ²	,91	,82	,86	,88	,82	,96	,92	,77	,98
Obs.	4069	4069	4069	4069	4069	4069	4069	4069	4069
2ERP 98–05	,069** (,028)	-,043 (,043)	,143*** (,035)	-,061 (,044)	-,072 (,044)	,155*** (,024)	,086*** (,023)	,166** (,072)	-,002 (,018)
R ²	,87	,77	,82	,77	,77	,91	,91	,62	,95
Obs.	4135	3160	3593	3095	3160	4302	4251	3669	4117
*** $p < 0,001$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$.									

⁷ βX kuvaa yrityksen suorituskvyyä.

1ERP kuvaa Hitt ym. tuloksia, ja 2ERP Aral ym. tuloksia. Hitt ym. aineisto sisältää ainoastaan järjestelmän implementaation aloitus- ja lopetusajankohdan eikä huomioi ostoajankohtaa, mikä poikkeaa Aral ym. aineistosta. Estimoinnit sijoittuvat myös eri ajankohdalle. Pystyäkseen vertaamaan tuloksia, yrittivät Aral ym. toistaa Hitt ym. estimointien tulokset käyttämällä järjestelmän implementaation aloitus- ja lopetusajankohtaa osana estimointia.

Aral ym. mukaan ERP-järjestelmän hankkineiden yritysten työn tuottavuus kasvoi keskimäärin 6,9 % aiempaan verrattuna. Tuottavuuden kasvu on vähäisempi kuin Hitt ym. saama tulos 16,3 %. Yrityksen suorituskyvyn voidaan myös katsoa kasvaneen käyttöönoton seurauksena: käyttöomaisuuden hyödyntäminen (asset utilization) oli parantunut 16,6 % ja keräilyn tehokkuus (collection efficiency) kasvanut 8,6 %. Kyseiset tulokset poikkeavat suuresti Hitt ym. tuloksista. Tähän saattaa olla syynä ERP-järjestelmien kehittyminen Hitt ym. estimointien ajankohdasta. Cobb-Douglas tuotantofunktion mukaista tuotannon kasvua ei kuitenkaan voida havaita kummassakaan tutkimuksessa (sarake 9 taulukossa).

Estimointien tuloksista voidaan päätellä, että ERP-järjestelmien käyttöönotto vaikuttaa näkyvimmin yrityksen operatiivisiin toimintoihin: esimerkiksi varaston kiertoaika on lyhentynyt, työn tuottavuus on kasvanut, mutta vaikutus taloudelliseen kannattavuuteen on pieni. Estimoinnin tuloksiin on myös saattanut vaikuttaa muiden IT-järjestelmien samanaikainen hyödyntäminen, esimerkiksi CRM:n ja SCM:n käyttöönotot korreloivat positiivisesti ERP-käyttöönoton kanssa.

Mikäli yrityksen suorituskyvyn ja ERP-käyttöönoton välillä voidaan havaita endogeenisyyttä; kyseinen riippuvuus vääristää tuloksia. Varmistaakseen kausaalisuuden suunnan, estimoivat Aral ym. ostopahtuman ja Go-live-tapahtuman vaikutuksia erikseen: tällä saatiin erotettua ostopäätös ja teknologian käyttö erillisiksi tapahtumiksi. Voidakseen todeta yrityksen suorituskyvyn kasvavan käyttöönoton myötä, olisi havaittava positiivista korrelaatiota ainoastaan Go-live-tapahtuman ja suorituskyvyn välillä, ei ostopäätöksen. Estimoinnin tulokset näkyvät taulukossa 4.3.5.

Taulukko 4.2.5. Aral ym. 2006, 11.

Suorituskyvyn vertailut lisenssin ostamisen ja Go-Live jälkeen								
Riippuva muuttuja	ln(myynnit)	ln(tulot ennen veroja)	ln(COGS)	ln(tulot ennen veroja)	ln(tulot ennen veroja)	ln(myynnit)	ln(myynnit)	ln(velka)
Kolumni	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Tulkinta	Työn tuottavuus	ROA	Varaston kierto	ROE	Tuottavuus marginaali	Varojen hyödynt.	Keräilyn tehokkuus	Velkavipu
ERP: Ostotapahtuma	0.009 (0.045)	-0.004 (0.068)	0.040 (0.056)	-0.026 (0.073)	0.005 (0.068)	0.049 (0.041)	-0.041 (0.029)	0.050 (0.105)
ERP: Go-Live	0.071** (0.030)	-0.044 (0.046)	0.152*** (0.039)	-0.068 (0.048)	-0.070 (0.047)	0.166*** (0.027)	0.095*** (0.025)	0.178** (0.077)
ln(työntekijät)	1.001*** (0.010)							
ln(varat)		0.954*** (0.012)				0.984*** (0.008)		
ln(varastot)			0.905*** (0.010)					
ln(pääoma)				0.989*** (0.015)				0.964*** (0.021)
ln(myynnit)					0.968*** (0.012)			
ln(myyntisaamiset)							0.900*** (0.008)	
Kontrolli muuttujat	Toimiala vuosi	Toimiala vuosi	Toimiala vuosi	Toimiala vuosi	Toimiala vuosi	Toimiala vuosi	Toimiala vuosi	Toimiala vuosi
R ²	,87	,77	,82	,77	,77	,91	,91	,62
Havainnot	4135	3160	3593	3095	3160	4302	4251	3669
*** $p < 0,001$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$.								

Työn tuottavuus oli kasvanut merkitsevästi Go-live-tapahtuman seurauksena. Ostotapahtumalla ei havaittu olevan merkitsevää vaikutusta yrityksen suorituskykyyn. Näiden tuloksien perusteella voidaan päätellä ERP-järjestelmän käyttöönoton kasvattavan suorituskykyä sen sijaan, että korkea suorituskyky aikaansaisi järjestelmän hankinnan.

Informaatioteknologian menestyksekkäs käyttöönotto parantaa yrityksen tuottavuutta ja operatiivista suorituskykyä. Aral ym. mukaan investoimalla IT:n saadaan aikaan tuottavuuden kasvua, mikä kannustaa uusiin IT investointeihin tulevaisuudessa. Esimerkiksi useat ERP-järjestelmän hankkineet yritykset investoivat myös CRM- ja SCM-järjestelmiin.

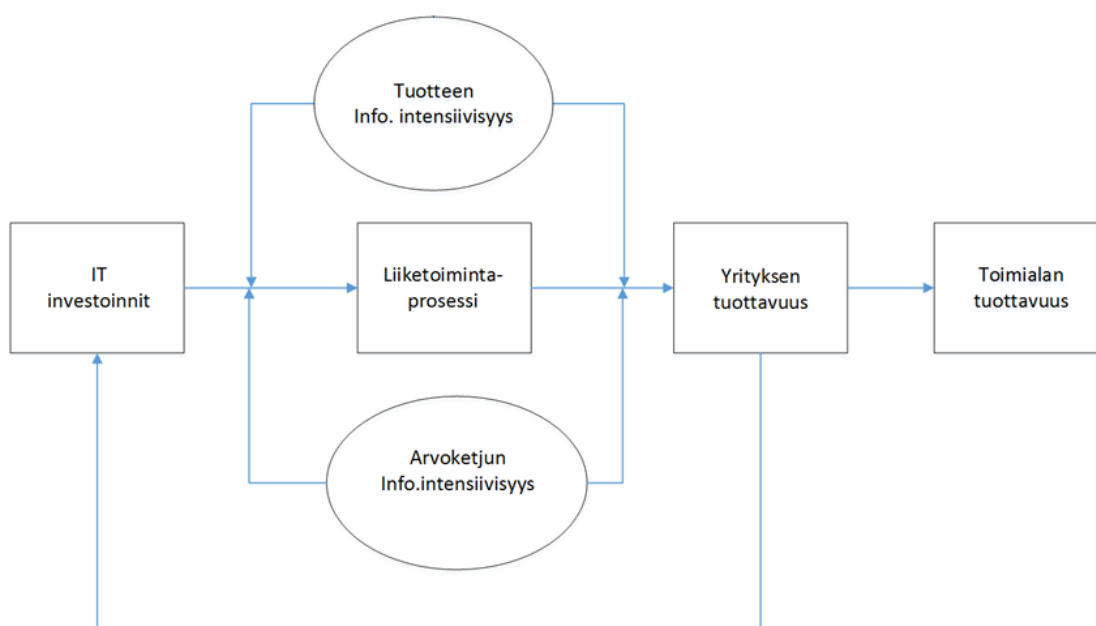
4.3.IT vaikutus tuottavuuteen toimialanäkökulmasta

IT:n luoman lisäarvon tutkimus on suurelta osin keskittynyt yritystason tutkimuksiin, joista mallia voidaan laajentaa toimialatasolle. Hun ja Quanin (2005) (jatkossa Hu ym. 2005) mukaan toimialalla toimivien yritysten kollektiivisen käyttäytymisen voidaan katsoa edustavan yksittäisten yritysten yleistä käyttäytymistä. He olettavat, että jokaisella yksittäisellä toimialalla on oma arvoketju toimintoja ja tuotteita sekä palveluita (kuten yksittäisillä yrityksillä), jotka edustavat toimialan yritysten kollektiivista käyttäytymistä ja ominaisuuksia.

Hu ym. (2005) esittävät, että IT investoinnit saavat aikaan positiivisen vaikutuksen yrityksen suorituskyykyyn ja tuottavuuteen parantamalla tehokkuutta yrityksen liiketoimintaprosessin eri vaiheissa. Tämä tuottavuuden kasvu tulee näkymään tilastoissa myös toimialatasolla. (Hu ym. 2005).

Hu ym. (2005) käyttävät tutkimuksessaan Porterin ja Millerin (1985) esittämää yrityksen arvoketjun ja tuotteiden/palveluiden informaatiointensiivisyyden mallia. Hu ym. (2005) mukaan arvoketjun ja tuotteen/palvelun informaatiointensiivisyyttä voidaan käyttää arvioimaan IT:n vaikutusta yrityksen suorituskyykyyn.

Kuva 4.3.1. Tutkimusmalli (Hu ym. 2005).



Yrityksen suorituskyyllä ja tuottavuudella voi olla myös positiivinen vaikutus IT investointien määrään. Yrityksen, jotka ovat menestyviä sekä tuottavia, sijoittavat keskimäärin enemmän informaatioteknologiaan, kuin taloudellisissa vaikeuksissa olevat yritykset (budjettien supistaminen esim. IT investointeja vähentämällä). Kuvassa 4.3.1 esitetään tutkimuksen malli.

Hu ym. (2005) olettavat, että toimialojen, joiden tuotteilla ja palveluilla on suuri informaatioteknologiaintensiivisyys, kuten pankki- ja rahoitusala sekä vakuutustoiminta, tulisi hyötyä enemmän IT investoinneista, kuin toimialojen, jotka eivät ole niin informaatiointensiivisiä (esimerkiksi kaivostoiminta, energia- ja rakennusteollisuus). Mikäli yrityksen arvoketjun toiminnot ovat pääosin IT lähtöisiä, voidaan IT investointien olettaa parantavan yrityksen operatiivista tehokkuutta enemmän kuin jos kyseessä olisi fyysinen tuote. (Hu ym. 2005). Verrattaessa esimerkiksi vakuutusmeklareita ja kaivostoimintaa tekevää yritystä: Vakuutusmeklariyrityksen ottaessa käyttöön sähköisen asiakkuushallintajärjestelmän ja siirtyessään käymään kauppaa verkossa, voi yritys kasvattaa tehokkuuttaan merkittävästi, kun taas kaivosyrityksen ottaessa esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmän käyttöön, ei tuottavuuden kasvu ole välttämättä yhtä suuri.

Kuva 4.3.2 Toimialojen luokittelu informaatiointensiivisyyden mukaan. (Hu ym. 2005).

		Matala	Korkea
Tuotteen informaatiointensiivisyys	Korkea	Digitaaliset tuotteet & palvelut Matala IT/Kokonais- Investointisuhde	Digitaaliset tuotteet & palvelut Korkea IT/Kokonais- Investointisuhde
	Matala	Fyysiset tuotteet & palvelut Matala IT/Kokonais- Investointisuhde	Fyysiset tuotteet & palvelut Korkea IT/Kokonais- Investointisuhde
		Arvoketjun informaatiointensiivisyys	

Kuvan 4.3.2 mukaista mallia käytetään määrittämään toimialan informaatiointensiivisyys, jonka Hu ym. (2005) määrittelevät näin: Informaatiointensiivisyyden aste riippuu siitä, kuinka suuresti yrityksen tuotteet ja toiminnot perustuvat kerättyyn ja prosessoituun informaatioon arvoketjun eri vaiheissa.

Hu ym. (2005) esittävät viisi eri hypoteesia:

H1: Investoimisella informaatioteknologiaan on positiivinen ja merkittävä vaikutus niiden toimialojen tuottavuuteen, joiden tuote/palvelu on informaatiointensiivinen, *ceteris paribus*.⁸ (Hu ym. 2005).

Toimialoilla, joilla on korkea arvoketjun informaatiointensiivisyys, kuten jälleenmyynti, valmistus ja kuljetusala, tulisi hyötyä IT investoinneista enemmän kuin toimialojen, jotka eivät ole niin informaatiointensiivisiä. Kyseiset toimialat hyötävät ohjelmistojen kuten ERP (toiminnanohjausjärjestelmä) ja toimitusketjun hallintaohjelmistojen käyttöönottamisesta, sillä ne mm. parantavat varaston kiertonopeutta, lyhentävät toimitusaikoja ja virheitä. Näille toimialoilla yrityksen arvoketju on riippuvainen nopeasta informaation käsittelystä johtuen esim. logistiikan asettamista vaatimuksista. (Hu ym. 2005).

H2: IT investoinneilla on positiivinen ja merkittävä vaikutus niiden toimialojen tuottavuuteen, joiden arvoketju on informaatiointensiivinen, *ceteris paribus*. (Hu ym. 2005).

Toimialoilla, joiden tuote/palvelu sekä yrityksen arvoketju ovat info.intensiivisiä, kuten valmistus tai kuljetusala, IT:n vaikutusta tuottavuuteen voidaan edelleen kasvattaa lisäämällä näiden yhteisvaikutusta. (Hu ym. 2005).

⁸ *Ceteris paribus* eli "muiden asioiden pysyessä yhtäläisinä"

H3: IT investoinneilla on positiivinen vaikutus toimialoilla, joiden tuote/palvelu sekä arvoketju ovat informaatiointensiivisiä. Vaikutus on merkittävin näillä toimialoilla (vrt. ei info.intensiivisiin toimialoihin), ceteris paribus. (Hu ym. 2005).

Toimialoilla, joiden tuotteella/palvelulla sekä arvoketjulla on matala info.intensiivisyys, IT investointien mahdollisuus vaikuttaa tuotantoon on rajoitettu. Esimerkiksi rakennusmateriaaleja valmistavien yritysten toimialalla tuottavuus riippuu pääosin tuotantoteknologiasta. IT investoinneilla voidaan ko. tapauksessa vaikuttaa vain osaan arvoketjun toiminnoista, kuten HR, hankinta tai T&K, mutta näiden vaikutus tuotantoon on suhteellisen pieni. (Hu ym. 2005).

H4: H1-H3 jälkeen Hu ym. (2005) päätyvät oletamaan, että IT investoinneilla tulisi olla positiivinen, mutta ei merkittävä vaikutus toimialojen tuottavuuteen, joiden tuotteet/palvelut sekä arvoketju eivät ole info.intensiivisiä, ceteris paribus. (Hu ym. 2005).

H5: IT investointien ja tuottavuuden välillä on positiivinen linkki: korkeat IT investoinnit saavat aikaan korkeampaa tuottavuutta, mikä taas kannustaa lisäämään IT investointien määrää.

Tutkimuksessaan Hu ym. (2005) käyttävät dataa useista eri lähteistä: yhtenä lähteenä on BEA:n aineisto vuosilta 1970–1999, joka sisälsi dataa eri toimialojen pääomainvestoinneista. Toisena lähteenä on BEA:n sivuilta yhdeksän toimialan BKT sekä BKT hintadeflaattorit. Kolmantena lähteenä käytetään BLS:n⁹ työllisyystilastoja valituilta toimialoilta. Tutkimukseen valittiin kahdeksan toimialaa: kaivostoiminta, rakennusala, kuljetusala, valmistus, jälleenmyynti, tukkukauppa, rahoitusala sekä palvelut. Tuottavuus määriteltä tutkimuksessa BKT per työntekijä (eli työn tuottavuus) kohdet (Hu ym. (2005)).

⁹ Bureau of Labour Statistics

Taulukko 4.3.1 IT investoinnit prosentteina kokonaispääomainvestoinneista¹⁰

Vuosi	Kaivos	Rakennus	Valmist.	Kulj.	Tukku	Jälleenm.	Rahoit.	Palv.	KA
1970	0.29	0.92	4.04	13.75	8.28	2.04	11.90	13.88	6.89
1975	0.35	0.79	9.99	14.98	15.29	5.60	16.65	14.23	9.73
1980	4.13	1.45	13.04	22.36	25.13	7.63	16.14	18.16	13.51
1985	4.98	1.28	18.22	24.10	31.95	11.85	15.67	25.57	16.70
1990	6.07	5.23	22.17	27.80	38.65	14.09	21.01	34.16	21.15
1995	11.23	12.71	25.08	33.26	50.62	19.09	35.33	35.97	27.91
1999	14.73	20.8	42.49	39.87	69.58	37.94	50.50	56.29	41.52

Taulukossa 4.3.1 kuvataan valittujen toimialojen IT investointien prosenttiosuutta kokonaispääomainvestoinneista vuosina 1970–1999. IT investointien osuus on kasvanut erityisesti tukkukaupan, palveluiden, valmistuksen sekä rahoitus-vakuutuslalla. Hu ym. (2005).

Hu ym. (2005) käyttävät toimialatason IT investointien määrää ja tuottavuustilastoja vuosilta 1970–1999 estimoidakseen riippuvuutta IT investointien ja tuottavuuden välillä. Estimointi suoritettiin Granger-kausalisuuden (1969) mallin avulla.

Granger kausalisuuden mallin vahvuus on siinä, että sen avulla voidaan samanaikaisesti testata kaikki mahdolliset kausaaliset riippuvuudet kahden muuttujan tai vektorien välillä tekemättä ennako-oletuksia kausalisuudesta. Mallissa x_t ja y_t ovat kaksi aikasarja aineistoa. Yleinen Grangerin kausalisuuden malli, jossa on mahdollisuus molemmansuuntaiseen kausalisuuteen, voidaan kirjoittaa muodossa:

$$x_t = b_0 y_t + \sum_{j=1}^n a_j x_{t-j} + \sum_{j=1}^n b_j y_{t-j} + \varepsilon_t, (4.3.1)$$

¹⁰ Toimialat jotka merkitty *kursiivilla*, ovat tutkimuksessa arvoketjultaan informaatiointensiivisiä toimialoja, sillä niissä IT investointien määrä kokonaispääomainvestoinneista on keskiarvoa suurempi.

$$y_t = c_0 x_t + \sum_{j=1}^n c_j x_{t-j} + \sum_{j=1}^n d_j y_{t-j} + \eta_t,$$

missä ε_t ja η_t ovat valkoista kohinaa, jotka eivät ole korreloituneita. a, b, c ja d ovat aikasarja muuttujien kertoimia. (Hu ym. 2005).

Määritelmän mukaisen kausaalisuuden mukaan y_t aiheuttaa x_t ainoastaan jos osa b_j kertoimista ei ole nolla ja aiheuttaa y_t , jos osa c_j kertoimista ei ole nolla. Granger (1969) ehdotti kausaalisuuden testaamiseksi yksinkertaista lähestymistapaa: Aikasarja x_t on Granger kausaalinen sarjaan y_t , nähden, jos x :n aikaisemmilla arvoilla voidaan ennustaa y :n tulevia arvoja. Jos molemmat sarjat ovat Granger kausaalisia toistensa suhteen, on sarjojen välillä (viivästetty) takaisinkytkentä.

Jos b_0 ei ole nolla, silloin sarjojen välillä on samanaikaista kausaalisuutta, ja tieto y_t muuttujasta parantaa ”ennustetta” tai ensimmäisen yhtälön sopivuutta x_t . Päättely toimii myös päinvastoin, mikäli c_0 ei ole nolla. Tutkimuksessa määritetty, että x_t on IT investoinnit ja y_t on tuottavuus. Jos osa y_t muuttujan kertoimista on yhtälössä (4.3.1) on eri suuri kuin nolla, voidaan todeta, että mitä parempi tuottavuus yrityksellä on ollut aiempina vuosina, sitä enemmän se investoi IT:aan tänä vuonna. (Hu ym. 2005).

Grangerin mallissa sekä x_t että y_t aikasarjojen tulisi olla stationaarisia ja ei-deterministisiä. Hu ym. (2005) testasivat aikasarjat ja ainoastaan jälleenmyynnin aikasarja oli ei-stationaarinen. Tutkimuksessa ongelmaa aiheutti myös multikollineaarisuus x_t ja x_{t-j} välillä sekä muuttujien y_t ja y_{t-j} välillä (selittävät muuttujat korreloivat keskenään). Muuttujien keskinäinen korrelaatio aiheuttaa ongelmia regressioanalyysin tulosten tarkkuuden kannalta. Aineiston katsotaan sisältävän multikollineaarisuutta, mikäli mittarin VIF^{11} arvo on suurempi kuin kymmenen. Hu ym. (2005)

¹¹ Varianssin inflaatiotekijä VIF, jos $VIF > 10$ jollekin $j=1, 2, \dots, k$ multikollineaarisuudesta saattaa olla haittaa.

toteavat VIF arvon olevan yli 20, minkä takia kaavaa on muokattava. Estimointimallista poistetaan samanaikaisen kausaalisuuden muuttujat. Hu ym. (2005) toteavat, että tämän ei tulisi vaikuttaa mallin kykyyn havaita kausaalista riippuvuutta IT investointien ja tuottavuuden välillä, koska IT investointien aikaviiveiden takia, jotka johtuvat oppimisesta ja prosessien sopeutumisesta. Tämän lisäksi vain yhtä aikaviivettä käytetään tutkimuksessa. IT investointien suhdetta kokonaispääomainvestointeihin IT/TOT käytetään korvikemuuttujana IT investoinneille. Suhteen käyttämisessä on etu, sillä se skaalaa kaikki toimialat toisiinsa verrattavalle tasolle. Lopullinen malli, johon Hu ym. (2005) päätyvät estimoimaan kausaalisuutta IT investointien ja tuottavuuden välillä on:

$$x_{ti} = a_1 x_{(t-1)i} + b_1 y_{(t-1)j} + \varepsilon_t; (4.3.2)$$

$$y_{ti} = c_1 x_{(t-1)i} + d_1 y_{(t-1)j} + \eta_t; \text{ missä}$$

$$x_{ti} = (IT/TOT)_{ti};$$

$$y_{ti} = \frac{GDP_{ti}}{EMP_{ti}};$$

ja $i=1,2,\dots, 8$, edustaa toimialaa, joka on kyseessä sekä $t=1,2,\dots, 30$, edustaa aikajaksoa väliltä 1970–99. EMP_{ti} on toimialan i työntekijöiden kokonaismäärä vuotena t .

Taulukossa 4.3.2 on kuvattu mallin (4.3.2.) mukaiset tulokset. Kuudella toimialalla on tilastollisesti merkittävä c_1 termi (vain rakennus- ja rahoitustoimialoilla termi c_1 ei ole merkittävä), mikä merkitsee vahvaa kausaalista riippuvuutta. Tulokset tukevat hypoteeseja H1-H3, minkä mukaan IT investoinnit korreloivat positiivisesti niiden toimialojen tuottavuuden kanssa, joilla informaatiointensiivisyys on suuri arvoketjussa tai tuotteessa/palvelussa. Esimerkiksi valmistuksen ja kuljetuksen toimialoilla, jotka ovat arvoketjultaan informaatiointensiivisiä toimialoja (H2), saavat estimoidut kertoimet c_1 suuruusluokaltaan ja tilastollisesti erittäin merkitseviä arvoja. Palvelutoimiala, joka on myös arvoketjultaan informaatiointensiivinen toimiala, saa myös merkitseviä arvoja kertoimelle c_1 , mutta sen suuruusluokka ei ole yhtä suuri kuin valmistuksessa ja kuljetuksessa. (Hu ym. 2005).

Hypoteesia 4 näyttää tukevan rakennustoimialan tulokset ($c_1=0,046$), jossa saatu c_1 kerroin ei ole merkitsevä. Tästä voidaan päätellä, että IT investoinneilla on positiivinen mutta ei merkitsevä vaikutus tuottavuuteen toimialoilla, jotka eivät ole informaatiointensiivisiä.

Taulukko 4.3.2

Kausaalisuus testi: GDP/EMP riippuvana muuttujana

Toimiala	Leikkauspiste	t-arvo	c_1	t-arvo	d_1	t-arvo
Kaivos	0.344***	3,26	1.278*	1,73	0.658***	6,23
Rakennus	0,047	1,43	0,046	1,16	0.879***	9,91
Valmistus	0.041*	1,99	0.136**	2,36	0.859***	11,62
Kuljetus	0.097***	3,74	0.177**	2,38	0.797***	12,54
Tukku	0,026	0,81	0.039*	1,72	0.936***	12,43
Jälleenmyynti	0,023	1,29	0.043***	3,35	0.875***	10,18
Rahoitus	-0.114**	-2.53	-0.160	-1.48	1.151***	19,73
Palvelu	0.082***	5.29	0.106***	5,95	0.625***	8,98

Painotettu $R^2=0.970$ ja painotettu MSE=0,974 (vapausaste 208). *** $p<0.01$, ** $p<0.05$, * $p<0.1$.

Taulukon 4.3.2 tuloksista tulee kiinnittää huomiota rahoitus toimialan c_1 kertoimen arvoon, joka ei ole merkitsevä. Tämä on vastoin hypoteesin 1 olettamusta, että IT investoinneilla pitäisi olla erittäin merkitsevä ja vahva positiivinen riippuvuus tuottavuuteen toimialoilla, jotka ovat informaatiointensiivisiä sekä tuotteiltaan että arvoketjultaan.

Hu ym. (2005) olettavat H1 ei merkitsevyyden johtuvan siitä, että IT investoinneilla on vähenevät rajahyödyt. Rahoitus- ja vakuutustoimiala ovat olleet edelläkävijöitä IT:n hyödyntämisessä parantaakseen toimialan tuottavuutta. Kyseisillä toimialoilla IT otettiin käyttöön laajassa mittakaavassa ennen muita tutkimukseen kuuluvia toimialoja, ja tämän lisäksi kyseessä on informaatiointensiiviset toimialat. Näiden seikkojen perusteella Hu ym. (2005) epäilevät, että kyseinen toimiala on jo nauttinut suurimmat tuottavuushyödyt, jotka IT investoinneista on mahdollista saada, ja että suurta tehokkuuden kasvua ei ole todennäköisesti enää odotettavissa.

Taulukon 4.3.3 kausaalisuustesti, jossa IT/TOT riippuvana muuttujana tulosten mukaan hypoteesi H5 on vain osittain tuettu. Neljällä toimialalla on merkitsevä b_1 kerroin (rakennus, tukku, jälleenmyynti, rahoitus). Näistä ainoastaan tukku ja jälleenmyynti toimialat olivat merkitseviä myös taulukon 4.3.2 kausaalisuustestin perusteella (c_1 termi merkitsevä), minkä perusteella Hu ym. (2005) päättelivät, että IT investointien ja tuottavuuden välillä olisi kausaalinen takaisinkytkentä

näillä toimialoilla. Kuitenkin rakennus ja rahoitustoimialoilla huomataan selkeä yksisuuntainen riippuvuus: korkeampi tuottavuus edellisenä vuonna johtaa korkeampiin IT investointeihin seuraavana vuonna, mutta ei toisinpäin.

Taulukko 4.3.3

Kausaalisuustesti: IT/TOT riippuvana muuttujana

Toimiala	Intercept	t-arvo	a_1	t-arvo	b_1	t-arvo
Kaivos	0.017*	2,01	1.081***	18,26	-0.014	-1.68
Rakennus	-0.076***	-3.10	1.039***	32,55	0.213***	3,22
Valmistus	-0.057	-1.40	0.922***	8,13	0,208	1,44
Kuljetus	-0.029	-0.94	0.909***	10,12	0,094	1,23
Tukku	-0.111**	-2.37	0.959***	28,65	0.295**	2,67
Jälleenmyynti	-0.118***	-2.84	1.102***	30,33	0.555**	2,76
Rahoitus	-0.080**	-2.32	0.919***	10,32	0.098**	2,14
Palvelu	0,106	1,19	1.237***	11,93	-0.538	-1.34

Painotettu $R^2=0.962$ ja painotettu MSE=0,958 (vapausaste 208). *** $p<0.01$, ** $p<0.05$, * $p<0.1$.

Molemmissa kausaalisuutta testaavissa taulukoissa, a_1 ja d_1 muuttujat kuvaavat autokorrelaatiota GDP/EMP ja IT/TOT aikasarja-aineistoissa. Kyseisten estimaattien voimakkuus ja suuri merkitsevyys ($p<0,01$) indikoi, että nykyisen tuottavuuden tasoon ja IT investointien määrään ensisijaisesti vaikuttava tekijä on niiden aiempi taso. Hu ym. (2005) toteavat tämän tarkoittavan sitä, että tuottavat toimialat tulevat olevaan tuottavia myös jatkossa ja IT investointien nykytaso riippuu suuresti niiden aiemmasta tasosta, joten havaittavissa on selvä trendi. (Hu ym. 2005).

Hu ym. (2005) toteavat saamiensa tulosten perusteella, että IT investointien ja tuottavuuden välillä on kausaalinen riippuvuus kuudella toimialalla kahdeksasta, jotka olivat mukana tutkimuksessa. IT investoinnit ovat heidän mukaansa lisänneet tuottavuutta ko. toimialoilla. Hu ym. (2005) kiinnittävät huomiota myös seikkaan, että tulosten perusteella voidaan todeta, että IT investointien ja tuottavuuden välillä olisi myös takaisinkytkentä kausaalisuus huomattavissa joillakin toimialoilla.

Hu ym. 2005 kiinnittävät huomiota tutkimuksensa rajoituksiin. Heidän mukaansa toimialatason tutkimusdata ei ole riittävän yksityiskohtaista havainnollistamaan eroavaisuuksia yritystasolla. Tämän lisäksi IT investoinneista saatuun tutkimusdataan ei ole tehty laatukorjauksia. Toisaalta, Hu ym. 2005 toteavat, että tutkimusdata, jota ei ole laatukorjattu, saa aikaan todennäköisemmin tulosten aliarviointia kuin yliarviointia, joten tämä vain vahvistaa heidän johtopäätöksiään.

4.4. Tiedon hyödyntämisen vaikutus yrityksen suorituskykyyn

Informaatioteknologian hyödyntäminen osana yrityksen päätöksentekoa kuuluu moderniin yritysjohtamiseen. Toiminnanohjausjärjestelmien, toimittajasuhteiden hallinnan sekä toimitusketjun hallinnan avuksi löytyy useita mahdollisia järjestelmiä, joista saatujen analyyttisten tietojen (esimerkiksi ennusteet) hyödyntäminen tulisi ottaa osaksi päätöksentekoa.

Brynjolfsson, Hitt ja Kim (2011) pohtivat tutkimuksessaan: ”Strength in Numbers: How does data-driven decision-making affect firm performance?”, vaikuttaako datan perusteella tehty päätöksenteko (jatkossa DDD=data driven decision making) positiivisesti yrityksen suorituskykyyn? He tutkivat ongelmaa estimoimalla 179 suuren julkisen osakeyhtiön informaatioteknologia investointeja ja liiketoimintakäytäntöjä. Tutkimuksessa esitetään, että yritykset, jotka harjoittavat päätöksenteossaan DDD-näkökulmaa, hyötyvät siitä 5-6 prosenttia suuremmalla tuotannolla tai suorituskyvyn kasvulla, kuin mikä olisi oletettavissa suhteuttaessa kasvu yrityksen tekemiin investointeihin. Suorituskyvyn lisääntymisellä tarkoitetaan kappaleessa esim. pääoman tuoton kasvua ja yrityksen markkina-arvon kasvamista. Brynjolfsson ym. (2011) lopettavat työnsä siihen johtopäätökseen, että DDD-päätöksenteon ja yrityksen suorituskyvyn välillä on suora riippuvuussuhde, ja kyse ei ole käänteisestä riippuvuudesta.

Brynjolfsson ym. (2011) korostavat informaation merkitystä yrityksen suorituskykyä määriteltäessä. Täydellinen informaatio esimerkiksi yrityksen kilpailutilanteesta mahdollistaa rationaalista päätöksentekijää tekemään parhaan mahdollisen ratkaisun, eli maksimoimaan saamaansa hyötyä. Tiedosta saatua hyötyä on käsitellyt mm. Blackwell (1953) sekä Galbraith (1974): heidän mukaansa tarkempi ja täsmällisempi tieto lisää tiedon hyödyntämistä päätöksenteossa, mikä edesauttaa parempiin tuloksiin eli organisaation suorituskyvyn lisääntymiseen. Galbraithin esittää: jotta voidaan suorittaa monimutkaisia toimintoja, on pystyttävä käsittelemään suuria määriä informaatiota. Tämän vuoksi teknologia, joka on suunniteltu helpottamaan informaation käsittelyä, pienentää kustannuksia ja parantaa organisaation suorituskykyä.

Informaatioteknologian kasvanut rooli organisaatioiden suorituskykyä parantavana tekijänä on ainakin osittain seurausta IT-intensiivisten yritysten lisääntyneestä tietojenkäsittelyn tehokkuudesta (Brynjolfsson ym. 2011). IT-järjestelmien hyödyntäminen (esim. ERP-järjestelmät) ja niiden ja niihin investointi kasvattavat yrityksen arvoa ja parantavat suorituskykyä (Aral ym. 2006). DDD-vaikutuksesta yrityksen suorituskykyyn on saatu seuraavia tuloksia: Lavalle ym. (2010) osoittavat niiden organisaatioiden, jotka hyödyntävät liiketoimintaan liittyvää informaatiota ja tietojen analysointia erottuakseen muista toimialallaan, menestyvän kaksi kertaa todennäköisemmin kuin muut kilpailijansa.

Brynjolfsson ym. (2011) ottavat kantaa tuottavuuden mittaamisen ongelmiin: Tutkimuksessa on valittu informaatioteknologian suorituskyvyn määrittämisen mittariksi DDD:sta saadun rajahyödyn. He käyttävät suorituskyvyn mittarina kokonaistuottavuuden mallia eli MFP:a ja tuotantofunktiona on Cobb-Douglas tuotantofunktio. Residuaali, joka jää jäljelle kun kaikkien tuotannontekijöiden vaikutus tuotantoon on huomioitu, on Solowin residuaali (=MFP, kokonaistuottavuus, eli se osa tuottavuuden kasvusta, jota ei voida selittää panosintensiivisyyden kasvulla). Tuottavuuden määrittämiseksi, Brynjolfsson ym. (2011) estimoivat seuraavaa mallia:

$$\log(\text{myynnit})_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(m)_{it} + \beta_2 \ln(k)_{it} + \beta_3 \ln(ITE)_{it} + \beta_4 \ln(\text{NonITE})_{it} + \beta_5 \ln(DDD)_{it} + \text{kontrollimuuttuja} + \varepsilon$$

M on materiaalit, k on fyysinen pääoma (esim. koneet, rakennukset ym.), ITE tarkoittaa informaatioteknologia työntekijöiden määrää, ja NonITE muita työntekijöitä. Kontrollimuuttuja sisältää toimialan ja vuoden. Brynjolfsson ym. (2011) huomioivat myös henkisen pääoman merkityksen mallissa ottamalla huomioon työntekijöiden koulutustason.

Tuottavuus estimoinnin lisäksi on myös määriteltävä, kuinka voidaan mitata kannattavuutta: Brynjolfsson ym. (2011) käyttävät estimoinnissa Hitt ym. (2002) sekä Aral ym. (2006) estimointimallia:

$$\begin{aligned} \log(\text{suorituskyvyn osoittaja})_{it} \\ = \alpha + \beta_1 \log(IT)_{it} + \beta_2 (DDD)_{it} + \beta_3 (\text{suorituskyvyn nimittäjä})_{it} \\ + \text{kontrollimuuttujat} + \varepsilon \end{aligned}$$

Malli mahdollistaa tarkastelemaan erilaisia tulkintoja yrityksen suorituskyvystä. Yrityksen suorituskyyä testattiin seuraavilla muuttujilla:

Tuottavuusaste	Suorituskyvyn osoittaja	Suorituskyvyn nimittäjä
ROA (Return on assets)	Tulot ennen veroja (Pretax income)	Varat (Assets)
ROE (Return on equity)	Tulot ennen veroja (Pretax income)	Oma pääoma (Equity)
Varojen käyttö (Asset Utilization)	Myynnit (Sales)	Varat (Assets)

Taulukko 4.4.1 Suorituskyvyn osoittaja ja –nimittäjä tuottavuus analyysissä. (Brynjolfsson ym. 2011).

Viimeinen tekijä, jota Brynjolfsson ym. (2011) tarkastelivat suorituskyyä määrittävänä tekijänä, on yrityksen markkina-arvo. Yritysten käytetyt tunnusluvut kuten ROA (kokonaispääoman tuottoaste)¹², ROE (oman pääoman tuottoaste)¹³ sekä myynnin tuottoaste, ovat ongelmallisia muuttujia suorituskyyä määrittäessä: tunnusluvut muodostetaan aikaisemman suorituskyyvyn perusteella, niiden avulla ei voida arvioida tulevaa suorituskyyä. Tunnusluvut eivät myöskään reagoi herkästi aikaviiveisiin: esimerkiksi muutoksen tarve organisaation sisällä saatetaan huomata liian myöhään, mikäli tarkastellaan suorituskyyä vain tunnuslukujen perusteella. Muita ongelmia, jotka Brynjolfsson ym. (2011) esittävät suorituskyyvyn arvioinnissa tunnuslukujen avulla ovat vääristymät, jotka johtuvat hetkellisistä epätasapainotiloista markkinoilla, mahdollisista laskutavan muutoksista aiheutuvat vaihtelut sekä aineettomien hyödykkeiden arvonmäärittäminen. (Brynjolfsson ym. 2011). Suhteuttaakseen nämä tunnusluvut markkinoiden muutokseen, on mallissa käytetty Tobinin q suhdelukua¹⁴. Tobinin q:ta käytetään mittarina yrityksen suorituskyyvylle (Chen ja Lee, 1995) sekä aineettomien hyödykkeiden arvolle (Hall 1993).

Yrityksen markkina-arvoa käytetään mallissa estimoimaan aineettomien hyödykkeiden arvoa:

$$= \sum_{i=1}^n A_i.$$

¹² ROA kertoo kuinka paljon yritystoimintaan sitoutuneelle pääomalle on kertynyt tilikaudella tuottoa.

¹³ ROE kertoo, kuinka paljon omalle pääomalle on kertynyt tuottoa tilikauden aikana.

¹⁴ Tobinin Q vertaa koko markkinoiden hintaa yritysten jälleenhankinta-arvoon.

Mallissa MV tarkoittaa markkina-arvoa ja A varoja. Tästä Brynjolfsson ym.(2011) johtavat kaavan:

$$MV = \sum_{i=1}^n A_i + DDD * A_i \text{ eli}$$

$$(MV)_{it} = \beta_0 + \beta_1 K_{it} + \beta_2 (OA)_{it} + \beta_3 (IT)_{it} + \beta_4 (DDD)_{it} * A_{it} \\ + \textit{kontrollimuuttujat} + \varepsilon_{it}$$

A tarkoitetaan varoja (pääoma, muut varat tai) IT työntekijä, OA on muu pääoma, IT on joko IT pääoma tai IT-työntekijöiden määrä, kontrollimuuttujat huomioivat toimialan, vuoden tutkimus- ja kehityspääoman kustannusten suhteen myyntiin sekä mainoskustannusten suhteen myyntiin.

DDD-muuttuja on endogeeninen, mikä on huomioitava mallin käsittelyssä. Brynjolfsson ym. (2011) lähestyvät ongelmaa instrumenttimuuttujien avulla. He valitsivat instrumenteiksi muuttujat, jotka ohjaavat endogeenisen muuttujan kysyntää mutta eivät korreloi suorituskyvyn huomaamatta jääneen osan kanssa. (Brynjolfsson ym. 2011).

Tutkiakseen DDD:n vaikutusta, estimoivat Brynjolfsson ym. (2011) kyselytutkimusta vuodelta 2008, johon oli vastannut 330:n suuren pörssiyhtiön henkilöstö- sekä tietohallintojohtajia. Tutkimuksessa avattiin yritysten liiketapaa, organisaation informaationsysteemien toimivuutta ja niiden hyödyntämistä. DDD-muuttuja koostuu kolmesta eri osiosta, jotka muodostettiin kyselyn perusteella: 1) tiedon hyödyntäminen uuden tuotteen tai palvelun muodostamiseksi, 2) tiedon hyödyntäminen koko yrityksen hyödyksi liiketoiminnan päätöksenteossa, 3) koko yrityksen päätöksentekoa varten olemassa oleva tieto. (Kysymykset taulukossa 4.4.2 liitteet).

Brynjolfsson ym. johtavat DDD:lle seuraavan standardoidun kaavan

$$DDD = STD(STD(\text{tiedon hyödyntäminen uuden tuotteen tai palvelun muodostamiseksi} + \\ STD(\text{tiedon hyödyntäminen koko yrityksen hyödyksi liiketoiminnan päätöksenteossa}) + \\ STD(\text{pätöksentekoa varten olemassaolevat tiedot}))$$

DDD lisäksi muut mittarit ovat (suluissa merkitty taulukossa näkyvä osio):

Muutostkustannukset (Adjustment cost): Kyselyssä muodostettiin arvio muutostkustannuksille pyytämällä vastaajia arvioimaan, miten paljon seuraavat tekijät helpottavat organisatoristen muutosten tekemistä skaalalla 1-5: taloudelliset resurssit, olemassa olevan henkilöstön taitopohja, työ sopimukset, työ säännöt, organisaatiokulttuuri ja ylinjohto.

Liiketoiminnan päätöksenteon johdonmukaisuus (Consistency): Instrumentti päätöksenteon johdonmukaisuudelle muodostettiin seuraavien tekijöiden perusteella: johdonmukaisuus liiketoiminnassa eri operatiivisissa yksiköissä, yksiköiden sisällä, eri toimintojen välillä sekä eri maantieteellisissä sijainneissa, IT:n tehokkuus tukemaan johdonmukaisia toimintatapoja ja johdonmukaisuus projektien priorisoinnissa.

Tutkimus (EXPR): Yritysten taipumus tutkia uusia markkinoita tai lähteä kokeilemaan radikaaleja innovaatioita otettiin mukaan tutkimukseen kontrollimuuttujana, sillä yrityksen ikä (yksi tutkimuksen instrumenteista) saattaa korreloida sen kanssa, että kuinka aktiivinen yritys tekemään innovaatioita. Innovaatioiden teko saattaa vaikuttaa tuottavuuteen ja muihin suorituskyvyn mittareihin. Kyselyn avulla muodostettiin indeksi, joka kuvaa yritysten taipumusta tutkia uusia markkinoita tai teknologioita.

Henkinen pääoma (Human Capital): Henkisen pääoman mittarina käytetään keskivertotyöntekijän palkkaa ja koulutusta.

Brynjolfsson ym. (2011) päätyivät estimoinneissaan seuraaviin johtopäätöksiin:

Tuottavuus testit: Estimoinnit suoritettiin OLS estimoinneilla. Yritykset, jotka olivat yhden keskihajonnan päässä keskiarvosta DDD mittarista, olivat 5-6 prosenttia tuottavampia kuin keskiarvoinen yritys.

Liiketoiminnan kannattavuuden testit: Estimoitu vaikutukset tuottavuusasteen mittareihin ROA, ROE ja varojen hyödyntäminen. Brynjolfssonin ym. (2011) mukaan IT on merkittävästi, ja positiivisesti korreloitunut ROA:n ja resurssien käyttöasteen kanssa ($p < 0.05$) mutta ei ROE:n kanssa.

Yrityksen markkina-arvon testit: Estimointien tuloksena Brynjolfsson ym. (2011) mukaan yritykset, jotka ottavat käyttöön DDD päätöksenteon, hyötyvät siitä yrityksen korkeammalla markkina-arvolla.

Estimointien tulosten perusteella antavat Brynjolfsson ym. (2011) ymmärtää DDD päätöksenteon ja tuottavuuden välillä olevan mahdollista riippuvuutta. Analysoimalla laajaa yritysotosta, he ovat päätyneet siihen tulokseen, että DDD liittyy todella korkeampaan tuottavuuteen ja yrityksen

markkina-arvoon. Sen lisäksi on näyttöä siitä, että DDD voidaan yhdistää myös osaan tuottavuuden mittareista, kuten sijoitetun pääoman tuotto ja resurssien käyttöaste.

Brynjolfssonin ym. 2011 toteavat, että DDD päätöksentekoa tulisi ajatella aineettomana hyödykkeenä, jonka arvoa sijoittajat arvostavat, ja joka lisää tuotantoa sekä tuottavuutta.

5. INFORMAATIOTEKNOLOGIAN JOHTAMINEN

Informaatioteknologian vaikutus yrityksen suorituskykyyn on merkittävä kysymys yrityksen johdon kannalta. IT:n suorituskykyä arvioitaessa on otettava huomioon, kuinka helposti IT investointien kanssa voi epäonnistua. Vaikkakin IT investoinnit kasvattavat tuottavuutta nykyisten lukujen mukaan, on helppo tehdä virheitä, joiden takia IT-investointi on riskialtis. Tämän vuoksi seuraavassa kappaleessa esitetään kuinka yrityksessä tulisi johtaa IT investointeja.

5.1. Onko IT:lla merkitystä?

IT:n kehittyessä ja yleistyessä ovat yritykset alkaneet tarkastella sitä kriittisenä resurssina, mikä näkyy yritysten kustannusrakenteessa. 1965 alle 5 prosenttia Yhdysvaltalaisen yritysten pääomakuluista sijoitettiin informaatioteknologiaan. 1980-luvulla osuus oli noussut jo 15 prosenttiin henkilökohtaisten tietokoneiden saavuttua markkinoille. 1990-luvun loppuun mennessä osuus alkoi lähestyä 50 prosenttia. (U.S. Bureau of Economic Analysis, Carr 2003 mukaan). IT johtamisen näkökulma on muuttunut tarkastelemaan informaatioteknologiasta saatavaa strategista lisäarvoa perinteisten laskentatyökalujen sijaan.

Carr argumentoi artikkelissaan ”IT doesn’t matter” (2003), että IT investoinnit eivät anna kilpailullista etua yksittäisille yrityksille. Hänen mukaansa informaatioteknologiasta on tullut kaupankäynnin selkäranka, mutta sen mahdollisuudet antaa yhdelle yritykselle etulyöntiasemaa toiseen nähden ovat rajatut. Teknologian yleistyessä ja halventuessa kilpailuetu katoaa. Carrin mukaan informaatioteknologian tuotteistuksessa hyödyt tulevat lopulta koko toimialan käyttöön. Tämän argumentin perusteella Carr ohjeistaa, että yritysten tulisi hoitaa IT johtaminen siten, että ne pyrkivät minimoimaan riskejä, ja välttämään suuria kuluja sen sijaan, että yrittäisivät saada kilpailullista etua IT investoinneilla.

Carr mukaan resurssilla on suurin strateginen arvo silloin kun se ei ole kaikkien saatavilla. Hänen mukaansa yritys voi saada kilpailuetua toisiin nähden kun niillä on käytössä resursseja tai

teknologiaa, jota muilla ei ole. Informaatioteknologia on Carrin mukaan yleishyödyke, joka on kaikkien saatavilla, joten sen antama strateginen etu on poistunut. IT on muuttunut pakolliseksi resurssiksi jokaiselle yritykselle mutta sen avulla on vaikea erottua nykymarkkinoilla.

Carr toteaa, että yrityksen on mahdollista kuitenkin saada etulyöntiasemaa muihin nähden tilanteessa, jossa yritys on ottanut käyttöön uutta teknologiaa. Esimerkkinä Carr käyttää höyryvoimalla ohjattuja laitteita, jotka otettiin käyttöön 1900-luvulla. Sähköenergian tultua markkinoille, onnistuivat valmistajat, jotka siirtyivät höyryvoimasta sähköön, saavuttamaan merkittävää etua kilpailijoihinsa nähden. Aikaikkuna, jolloin uudesta innovaatiosta saadaan eniten hyötyä, on lyhyt. Carr kommentoikin, että yrityksen johto saattaa helposti olettaa, että innovaatiosta saatava hyöty olisi loputtomasti käytössä, mikä ei Carr mukaan pidä paikkaansa.

Informaatioteknologia on tuotteistettu, esimerkiksi ohjelmistot on mahdollista kopioida minimikustannuksilla. Tämä kopioitavuus ja skaalautuvuus yhdistettynä teknologian standardointiin, tekee Carrin mukaan ohjelmistojen omistusoikeudet taloudellisesti arvottomaksi. Carr väittää, että koska informaatioteknologia esim. ohjelmistojen tapauksessa on täysin kopioitavissa, yritysten ei kannata investoida omiin ohjelmistoihin vaan ostaa markkinoilta yleinen toteutus kustomoinnin sijaan. Tällöin yritys saisi merkittäviä kustannussäästöjä. Varsinkin internetin käytön yleistyttyä, on IT:n tuotteistuminen helpottunut, sillä internet on täydellinen jakelukanava ohjelmistoille. (Carr 2003).

Kuinka yritysten tulisi siis johtaa informaatioteknologiaa? Carr toteaa, että tärkein asia, joka yritysten täytyy huomioida – kun resurssista tulee pakollinen kilpailulle mutta merkityksetöntä strategialle - tällöin yrityksen on tärkeämpi huomioida resurssin aiheuttamat riskit kuin sen tuomat hyödyt. Informaatioteknologia saa aikaan operatiivista riskiä, esim. palvelukatkoksia, tietoturvariskejä tai teknisiä häiriöitä jne. IT aiheuttamat ongelmat saattavat jopa lamaannuttaa yrityksen päivittäisen toiminnan, ja estää yritystä tekemästä toimituksia, valmistaa tuotteita tai pilata yrityksen maineen. Tämän takia Carr suosittelee yrityksiä tunnistamaan ja varautumaan IT riskeihinsä.

Carr näkee pitkällä aikavälillä pahimpana informaatioteknologiaan liittyvänä riskinä liiallisen investoimisen. Huolimatta IT:n hintojen halventumisesta, on IT silti merkittävä tekijä yritysten budjetissa. IT ei ole myöskään resurssi, josta olisi mahdollista luopua, joten yritysten on

huomioitava IT pakollisena investointina, joka pitää kohdentaa oikein. Carr uskoo, että IT johtamisen tulisi keskittyä kustannusten rajoittamiseen ja riskien hallintaan.

Carr esittää seuraavat säännöt IT johtamiselle:

Strategisen etulyöntiaseman saavuttaminen IT investoinneilla on vaikeaa, ja yritysten tulisi kiinnittää tarkempaa huomiota siihen, kuinka he hoitavat IT johtamisen. Carrin mukaan yritysten tulisi seurata seuraavia ohjeistuksia saadakseen IT hallintaansa:

1. Kuluta vähemmän: tutkimusten mukaan yritykset, jotka sijoittavat tilastojen mukaan eniten informaatioteknologiaan, saavuttavat harvoin parhaita taloudellisia tuloksia markkinoilla. Kun IT on tuotteistunut (teknologia yleistynyt ja halventunut), tuhlailevasta investoimisesta aiheutuneet riskit kasvavat. Yritysten on yhä vaikeampi saavuttaa kilpailuetua IT investoinneilla, mutta epäonnistuneiden investointien haitat ovat kasvaneet.

2. Seuraa, älä johda: Mitä pitempään viivytät IT investoinnin tekemistä, sitä enemmän saat rahojesi vastineeksi. Odottaminen myös vähentää riskiä ostaa toimimatonta teknologiaa, mikä tulee poistumaan käytöstä. Carrin toteaa, että kärkipaikalla oleminen on harvoin kannattavaa. Odottaminen mahdollistaa hankkimaan teknologiaa, jonka käyttämisen parhaat käytännöt ovat jo muodostuneet alan standardiksi.

3. Keskity heikkouksiin, älä mahdollisuuksiin: IT investointeihin liittyvät operationaaliset riskit ovat suuret – järjestelmien toimittajat saattavat olla epäluotettavia, ohjelmistojen virheistä saattaa aiheutua palvelukatkoksia jne. Yrityksen tulisi tunnistaa omat IT:n kohdistuvat riskinsä, ja kohdistaa investoinnit näiden heikkouksien poistamiseen. Carr mielestä avain menestykseen IT johtamisessa on siis huolellinen kustannusten ja riskien hallinta.

5.2. IT:llä on väliä

Carrin artikkeli ”IT doesn’t matter” (2003) herätti laajaa keskustelua Harvard Business Reviewn lukijoiden välillä, eikä Carrin näkökulma saanut laajaa tukea. Seuraavassa kappaleessa kyseenalaistetaan Carrin väittämät ja perustellaan vastakkaista näkökulmaa.

Carr argumentoi artikkelissaan, että yritykset ovat yliarvioineet informaatioteknologian strategisen arvon. Hän ei kuitenkaan väitä, että IT:lla ei ole merkitystä vaan että informaatioteknologian merkitys on vähentynyt strategisena tekijänä, jonka avulla voi erottautua markkinoilla. (Brown & Hagel III, 2003). Brown ja Hagel III mukaan IT on kuitenkin strategisesti merkittävää epäsuorien vaikutuksiensa vuoksi - IT luo mahdollisuuksia ja vaihtoehtoja, joita ei muuten välttämättä ole tarjolla. Informaatioteknologiasta saatava hyöty vaatii innovaatioita myös yrityksen liiketoimintatavoissa. Yritykset, jotka eivät muuta toimintatapojaan samanaikaisesti IT:n kanssa, menettävät osan sen taloudellisista hyödyistä. (Brown & Hagel III, 2003).

Pääväitteenään Carr argumentoi, että IT on menettänyt strategisen arvonsa yleistymisensä myötä (ei ole enää niukka hyödyke), ja tuottomarginaali IT investoinneista tulee katoamaan. Carr perustelee väitteensä vertaamalla IT hyödykkeitä esim. rautateihin, puhelimiin ja polttomoottoreihin. Hyödykkeisiin, jotka ovat pääomaintensiivisiä. Pääomainvestoinnit koneistoon kärsivät vähenevistä rajahyödyistä. Samaa ei voida kuitenkaan sanoa informaatiohyödykkeistä kuten ohjelmistoista: näiden rajakustannus saattaa pienentyä jopa olemattomiin skaalatessa toimintoja ylöspäin. Tämän takia yritykselle, joka voi vähentää rajakustannuksiaan lisäämällä IT:n käyttöä, IT investoinnit saattavat olla erittäin tuottoisia ja strategisesti merkittäviä. (Strassmann 2003).

Yrityksen on mahdollista hyötyä informaatioteknologiasta. Carr totesi, että yrityksen ei kannattaisi olla ensimmäisenä kehittämässä uutta teknologiaa vaan odottaa kunnes teknologia on yleistynyt. MacFarlan & Nolan (2003) ovat eri mieltä: uudet teknologiat antavat yrityksille mahdollisuuden erottua toisistaan palveluilla, tuotteen ominaisuuksilla ja yrityksen kustannusrakenteella vielä vuosia eteenpäin. Ensimmäinen sijoittaja ottaa riskin, ja saavuttaa tilapäisen etulyöntiaseman muihin nähden. Seuraavan sijoittajan riski on pienempi mutta sen on myös saavutettava kilpailija. IT investointien hyötyjen arviointia tulisi tehdä useasta näkökulmasta. Investointien avulla voidaan saada kustannussäästöjä ja tehokkuuden paranemista, toisaalta tulisi kiinnittää huomiota myös parannuksiin, joiden hyödyt näkyvät hitaammin kuten tuotteiden ja palveluiden laadun parantuminen. (McFarlan W & Nolan L. 2003)

Tuottavuusparadoksin aikaansaama keskustelu on tehnyt selväksi, että tuottavuuden kasvua ei voida saavuttaa pelkästään investoimalla informaatioteknologiaan. Investointien täytyy olla yhdistettynä hyvään johtamiseen. (MacDonald ym. 2000). Brynjolfssonin ym. (1993) mukaan suurin IT

investointien tuotto löytyy yrityksillä, jotka ovat muutenkin suorituskykyisimpiä – oletettavasti nämä yritykset ovat myös mukana innovatiivisimmissa investoinneissa.

”Mikäli sijoittaminen tietokoneisiin korreloisi merkittävästi suurempien tuottojen kanssa, kuin mitä muu pääomasijoittaminen, tästä ei välttämättä seuraa, että yritysten tulisi kasvattaa investoimista tietokoneisiin. Korkeatuottoisten, paljon IT:n sijoittaneiden yritysten IT investoinnit saattavat erota systemaattisesti huonosti menestyvien yritysten investoinneista tavoilla, joita ei pysty korjaamaan pelkällä johtamisella.” (Brynjolfsson & Hitt 1993, MacDonald ym. 2000 mukaan).

Informaatioteknologiaa tulisi käsitellä innovaationa, ja kuten mikä tahansa innovaatio, sen käyttöönotossa tulee olemaan ongelmia, joita ei välttämättä voida ratkaista pelkästään johtamisella. IT on osa yrityksen infrastruktuuria, joka on tarpeen innovaatioita ja kilpailukykyä varten. Samoin kuin T&K tapauksessa, myöskään informaatioteknologian tapauksessa ei tulisi olettaa, että sille voidaan laskea täsmälliset tuottavuustilastot. (MacDonald ym. 2000).

IT vaikutusta tuottavuuteen tarkasteltaessa on turha tarkastella tuottavuustuloksia. Suuri osa IT:n vaikutuksesta ei välttämättä näy perinteisissä tuottavuusmittareissa. Sen lisäksi parempien tuottavuusmittarien etsiminen on myös turhaa. (MacDonald ym. 2000). Aineettomat hyödyt kuten parantunut reagointikyky asiakkaiden toiveisiin tai lisääntynyt yhteistyö toimittajien kanssa eivät vaikuta yrityksen tuotannon määrään, mutta IT:n avustuksella voidaan edesauttaa sitä, että tuote saapuu ajoissa, oikeaan sijaintiin ja asiakkaan haluamilla kustomoinneilla. (Brynjolfsson, 1996).

Informaatioteknologian hyödyistä yritystasolla voidaan 2000-luvulla todeta seuraavasti:

IT luo arvoa

Yritystason tutkimukset, kuten Brynjolfsson & Hitt, 2000; Kohli & Devaraj, 2003 mukaan informaatioteknologian tuottavuusparadoksi on aikansaelänyt käsite, mikä johtui mm. mittausvirheistä sekä aikaviiveistä vaikutuksen arvioinnissa. Tutkimusten perusteella voidaan todeta, että riippuvuus IT:n ja yrityksen suorituskyvyn väliltä löytyy positiivinen riippuvuus, oli se sitten tunnistettavissa taloudellisista tunnusluvuista, kuten ROI tai esim. tuotantoprosessin tehokkuudesta. (Grover & Kohli, 2008).

IT luo lisäarvoa tiettyjen ehtojen täytyessä

IT:n vaikutusta tutkiessa on kiinnitettävä huomiota komplementit argumenttiin. Pelkät IT investoinnit itsessään (esim. laitteistot ja ohjelmistot) eivät luo liiketoiminta-arvoa. Paras hyöty investoinneista saadaan kun IT on yhdistettynä muihin komplementaarisiin toimintoihin, kuten hyvään johtamiseen, liiketoimintaprosessien kehitykseen tai koulutukseen. (Grover & Kohli, 2008).

IT:n tuoma lisäarvo voi esiintyä eri muodoissa

Tuotantoprosessissa IT:n arvo voi esiintyä prosessin tehokkuuden lisääntymisenä, esim. varaston kiertonopeus kasvaa, tuottavuus (ROA) saattaa kasvaa, kuluttajien lisäarvo voi lisääntyä tuotteen laadun parantumisen seurauksena). IT investointien vaikutus näkyy useilla eri tasoilla: kansantaloudellinen taso, toimialataso, yritystaso tai vaikka prosessitaso). (Grover & Kohli, 2008).

IT-luoma lisäarvo ei ole sama asia kuin IT:n perustuva kilpailuetu

On tunnistettava, että arvon luominen ja kilpailullista etua mahdollistavan arvon luominen on eri asia. Osa IT:n luomasta lisäarvosta on mahdollista kopioida, joten kilpailullisen edun saaminen ei päde kaikissa tapauksissa. (Grover & Kohli, 2008).

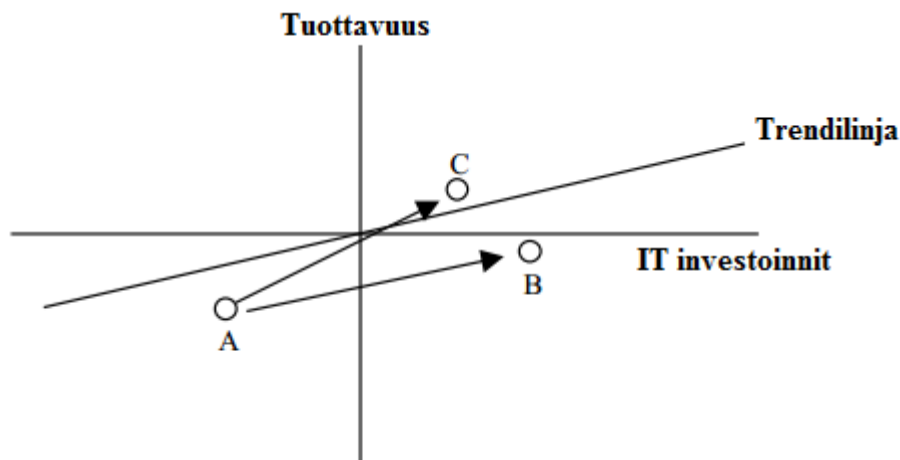
IT:n luomissa hyödyissä saattaa olla viivettä

Informaatioteknologian ei välttämättä luo lisäarvoa heti. IT investoinnin hyötyjen realisoituminen voi vaatia vuosia; käyttöönotto, mukautuminen uusiin toimintatapoihin, infrastuktuurin kehittäminen jne. vievät aikaa. (Grover & Kohli, 2008).

5.3. Mitkä ovat tutkimusten vaikutukset IT johtamiseen?

Kuinka johtajien tulisi huomioida tutkimukset informaatioteknologian vaikutuksesta yrityksen suorituskykyyn tehdessään IT investointipäätöksiä?

- Alkuperäinen paradoksi on ratkaistu. Keskimäärin IT:n sijoittaminen on kannattavaa, eikä tarvitse pelätä, että teknologia investoinnit olisivat rahan heittämistä hukkaan. Johtajien tulisi kiinnittää huomiota omiin IT investointeihinsa ja pyrkiä maksimoimaan niiden tuotto. (Dedrick & Kraemer, 2001).
- Huolimatta tutkimusten optimistisia näkemyksiä IT investointien odotetusta tuotosta, eivät johtajat voi odottaa sijoitustensa olevan kannattavia. Tutkimuksissa saadut odotetut tuotot ovat keskiarvoja, eivätkä takuu yrityksen investointien onnistumiselle. Tärkeimmät tekijät investointien onnistumisessa ovat yrityksen organisatorinen malli sekä johtamiskäytännöt. (Dedrick & Kraemer, 2001).
- Suurin huolenaihe IT johtajille tulisi siis olla organisaation uudelleenjärjestely siten, että uuden IT:n hyödyt huomioidaan, ja ottaa käyttöön tehokkaat johtamiskäytännöt, jotta IT investoinneista saatava tuotto voidaan maksimoida. Dedrick ja Kraemer (2001) havainnollistavat kuvalla, kuinka yritykset voivat parantaa tuottavuuttaan:
 - Kuvaajassa 5.3.1 trendilinja esittää yleistä riippuvuutta tuottavuuden ja IT investointien välillä yritystason tutkimuksissa. (Dedrick & Kraemer, 2001).



Kuvaaja 5.3.1 Keinot tuottavuuden parantamiseen IT:n avulla (Dedrick & Kraemer, 2001).

Yrityksen ollessa pisteessä A, se kuluttaa IT investointeihin keskimääräistä vähemmän, jolloin piste A sijaitsee trendilinja alapuolella, ja yritys saa IT investoinneistaan keskimääräistä pienemmän tuoton. Mikäli yritys sijoittaa lisää informaatioteknologiaan muuttamatta johtamiskäytäntöjään, siirtyy yritys pisteeseen B, jolloin tuottavuus kasvaa mutta IT menot kasvavat keskimääräistä enemmän. Yritykselle hyödyllisintä olisi kasvattaa IT menoja kohtuullisesti samalla parantaen

liiketoimintaprosessejaan ja johtamista, jolloin hyöty voidaan maksimoida pisteessä C. (Dedrick & Kraemer, 2001).

Dedricin ja Kraemerin (2001) mukaan seuraavat seikat ovat kriittisiä IT investointien onnistumista varten:

- IT investointien tulisi olla linjassa yrityksen liiketoimintastrategian kanssa. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää tiivistä yhteistyötä päätöksenteossa liiketoiminta- sekä IT-johdon välillä.
- IT investoinneista on saatu parhaita tuloksia hajautetun päätöksenteon organisaatioissa. Hajautettu päätöksenteko mahdollistaa joustavuutta ja nopeaa reagointia muuttuvilla markkinoilla ja antaa yrityksille mahdollisuuden keskittyä pääliiketoimintaansa.
- IT on tehokkainta, kun se otetaan käyttöön samanaikaisesti muiden komplementaaristen toimintojen kanssa (kuten johtamiskäytännöt).
- Yritysten tulisi vertailla IT investointejaan muihin alan toimijoihin. Useimmilla yrityksillä ei ole kuvaa siitä kuinka paljon ne investoivat IT:n suhteessa kilpailijoihin.
- Yritysten tulisi muodostaa sisäiset arviointimenetelmät kuinka mitata IT projektien tuloksia, jotka auttavat kehittämään prosessia tulevaisuudessa. Arviointi mahdollistaa tulevien IT projektien onnistumisen ja vähentää niiden riskiä. Esimerkiksi varaston kiertonopeuden parantumisen voidaan katsoa olevan suoraan IT:n seurausta. Varastonkiertonopeuden parantumista voidaan taas hyödyntää yrityksen kustannusten vähentämisessä, kun pystytään arvioimaan riittävä varastontarve.
- Projektin valmistumisen jälkeen on arvokasta kerätä palautetta IT työntekijöiltä projektin onnistumisesta: mitä haasteita kohdattiin, miten ongelmat selätettiin, mitä vaikutuksia projektilla on ollut toimintaan jne. Dokumentointia voidaan myöhemmin hyödyntää tulevilla projekteilla.

IT investointien johtamisessa tulisi olla realistiset odotukset. Jokainen innovaatio ei tule mullistamaan IT:n tuottavuutta. Kuitenkin samalla pitäisi pystyä tunnistamaan investoinneista saatu todellinen hyöty kuten lisääntynyt parantunut tuotteen laatu. IT saatavat positiiviset hyödyt kannustavat investoimaan, ja saatavaa hyötyä voi lisätä edesauttamalla hyviä johtamismetodeja ja parantamalla henkilöstön koulutusta. (Dedrick & Kraemer, 2001).

6. LOPUKSI

Tutkimuksessa on käsitelty informaatioteknologiaa kolmella eri talouden tasolla ja avattu IT:n vaikutusta tuottavuuteen näillä tasoilla sekä mikrotalouden näkökulmasta yrityksen suorituskykyyn. Seuraavaksi kokoon yhteenvedon kappaleiden päätelmistä.

Lähes kaikki keskustelu informaatioteknologian tuottavuusparadoksista keskittyy paradoksin olemassaolon syihin, jotka Eric Brynjolfsson (1993) on eritellyt neljään luokkaan:

1) Mittausvirheet (lopputuote ja tuotannontekijöiden määrä):

Lopputuotteiden ja tuotannontekijöiden todellisia määriä ei ole saatu mitattu oikein nykyisten mittareiden avulla.

2) Viiveet, jotka johtuvat oppimisesta ja sopeutumisesta:

Aikaviiveet IT:n vaikutusten tutkimisessa ovat johtaneet harhaan verratessa IT:n tuottoja ja kustannuksia.

3) Saatujen tuottojen uudelleenjakoa ja haaskaaminen:

Informaatioteknologiaa käytetään toiminnoissa, jotka uudelleenjakavat tuottoja yritysten välillä sen sijaan, että kokonaistuottavuus olisi kasvanut toimialalla. IT on voinut parantaa yksittäisen yrityksen suorituskykyä.

4) Epäonnistunut tieto- ja teknologiajohtaminen

IT johtaminen on erityisen haasteellista, sillä johdolla ei ole käytössä mittareita, jotka kertoisivat IT:n todellisen arvon. Tämä lisää yli-investoinnin ja virheellisten investointien riskiä.

Brynjolfssonin (1993) tutkimuksen jälkeen tuottavuusparadoksin olemassaolosta on todettu seuraavasti: Tuottavuusparadoksi on poistunut, osittain parantuneiden tuotantopanosten ja lopputuotteiden mittaamenetelmien parantumisen vuoksi. IT:n lopputuotteiden arviointi on ollut erityisen haasteellista mm palvelusektorilla. (Dedrick & Kraemer, 2001).

Kasvutilinpidon, toimialatason ja yritystason tuottavuustilastoissa on päädytty siihen johtopäätökseen, että IT:llä on positiivinen vaikutus tuottavuuteen. Jotta IT investoinneista saataisiin optimaalinen hyöty, tulisi päättäjien sekä koko talouden että yritystasolla huomioida komplementaariset toiminnot, jolla IT:n tuottavuutta voidaan vielä parantaa. IT:n avulla voidaan vielä heidän mielestään lisätä tuottavuutta myös tulevaisuudessa. (Kretchmer ym. 2003)

Informaatioteknologian vaikutus tuottavuustilastoihin on positiivinen sekä merkittävä, ja vaikutus tuottavuuteen on kasvava ajan kuluessa. Tämä ei silti tarkoita, että huonosti IT:tä hyödyntävä organisaatio voi kasvattaa tuottavuuttaan pelkästään lisäämällä IT investointeja. IT on yhdistettävä komplementaarisiin organisaatio investointeihin, taitoihin ja toimintatapoihin. (Cardona ym. 2013). Myös Dedrick ja Kraemer (2001) raportoivat positiivista korrelaatiota olevan IT:n ja komplementaaristen toimintojen kuten hajautettu päätöksenteko, koulutus ja yrityksen toimintatapojen välillä ja toteavat, että näiden yhteisvaikutuksen avulla saadaan paras tuottavuus.

Yritystason tutkimukset ovat varmistaneet, että IT investoinnit korreloivat positiivisesti yrityksen suorituskyvyn kanssa. Informaatioteknologian menestyksellä käyttöönotto parantaa yrityksen tuottavuutta ja operatiivista suorituskykyä. Aral ym. mukaan investoimalla IT:n saadaan aikaan tuottavuuden kasvua, mikä kannustaa uusiin, komplementaarisiin IT investointeihin tulevaisuudessa. (Aral ym. 2006).

2000-luvulla tutkimuksista on ilmennyt uusi paradoksi: Miksi IT johtajat eivät investoi enempää IT teknologiaan, mikäli tuotot ovat tosiaan niin suuret kuin ekonomistit ja päättäjät ilmoittavat. Esimerkiksi Brynjolfsson väittää tutkimuksissaan, että IT investoinnit ovat jopa tuottavampia kuin muut investoinnit, minkä perusteella IT:n investoidaan reilusti liian vähän sekä yritysten että valtioiden tasolla. (Dedrick & Kraemer, 2001).

Väitteitä, joiden mukaan IT:n investoidaan liian vähän, tulisi tarkastella huolella. Analyysissä käytetyt tuotantofunktioiden mallit ovat hyödyllisiä, mutta kuten kaikki mallit, ne yksinkertaistavat maailmaa. Tämän lisäksi tutkimusten mallinnukset osoittavat korrelaatiota, eivät kausaalisuutta. Kausaalisuus voi olla molemmin suuntaista (esim. menestyneet yritykset tai rikkaat valtiot investoivat enemmän informaatioteknologiaan, koska niillä on enemmän resursseja tehdä niin) tai syy saattaa olla jossain muussa tekijässä, joka vaikuttaa IT menojen suuruuteen sekä tuottavuuden kasvuun (kuten parantunut työvoiman koulutuksen taso). (Dedrick & Kraemer, 2001).

Jatkossa informaatioteknologian hyötyjä tarkasteltaessa tulisi tuottavuusparadoksi jättää menneisyyteen ja keskittyä todettujen hyötyjen maksimointiin.

LÄHTEET

- Aral, S. & Brynjolfsson, E. & Wu, J. (2006). Which came first, IT or productivity? The virtuous cycle of investment and the use in Enterprise systems. Twenty Seventh International Conference on Information Systems, Milwaukee.
- Baily, M. & Gordon, R. (1988). The Productivity Slowdown, Measurement Issues and the Explosion of Computer Power, Brookings Papers in Economic Activity, 1988(2): 347-431.
- Bloom, N. & Draca, M. & Kretschmer, T. & Sadun, R. (2010). The Economic Impact of ICT. London School of Economics SMART N. 2007/0020 Final Report.
- Brooke, G. (1992). The Economics of Information Technology: Explaining the Productivity Paradox. MIT Sloan School of Management Center for Information Systems Research Working Paper No. 238, (April).
- Brown, J. & Hagel III. (2003). Does IT matter? An HBR Debate. Harvard Business Review, June.
- Brynjolfsson, E. (1993). The Productivity Paradox of Information Technology: Review and Assessment. Communications of the ACM, December.
- Brynjolfsson, E. & Hitt, L. (1995). Paradox lost? : firm-level evidence on the returns to information systems spending, Working papers 3786-95. Massachusetts Institute of Technology (MIT), Sloan School of Management.
- Brynjolfsson, E. & Hitt, L (2000). Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. Journal of Economic Perspectives (14:4), 23-48.
- Brynjolfsson, E. & Hitt L. & Kim H. (2011). Strength in Numbers: How Does Data-Driven Decisionmaking Affect Firm Performance? Working paper series.
- Brynjolfsson, E. & Yang, S. (1996). Information Technology and Productivity: A Review of the Literature. Advances in Computers, Academic Press, Vol. 43, 179-214.
- Cardona, M. & Kretschmer, T. & Strobel, T. (2013). ICT and productivity: conclusions from the empirical literature. Information Economics and Policy 25, 109-125.
- Carr, N. (2003). IT Doesn't Matter. Harvard Business Review. May.
- Dedrick, J. & Kraemer, K. (2001). The Productivity Paradox: Is it Resolved? Is there a New One? What Does It All Mean for Managers. Center for Research on Information Technology and Organizations.
- Dedrick, J. & Gurbaxani, V. & Kraemer, K. (2003). Information Technology and Economic Performance: A Critical Review of the Empirical Evidence. ACM Computing Surveys, Vol. 35, No. 1, March, pp. 1-28.
- Draca, M. & Sadun, R. & Van Reenen, J. (2006). Productivity and ICT: A Review of the Evidence. CEP Performance Discussion Paper NO 749, August.

- Denison, E. (1989). Estimates of Productivity Change by Industry, an Evaluation and an Alternative. Brookings Institution, Washington, DC.
- Grover, V. & Kohli, R. (2008). Business Value of IT: An Essay on Expanding Research Directions to Keep up with the Times. *Journal of the Association for Information Systems*, Vol. 9, Issue 1, 23-39.
- Hitt, L. & Wu, J. & Zhou, X. (2002). Investment in Enterprise Resource Planning: Business Impact and Productivity Measures. *Journal of Management Information Systems* (19:1), 71-98.
- Hossain, L. & Patrick, J. & Rashid, M. (2002). *Enterprise Resource Planning: Global Opportunities & Challenges*. Idea Group Publishing.
- Hu, Q. & Quan, J. (2005), Evaluating the impact of IT investments on productivity: a causal analysis at industry level, *International Journal of Information Management*, 25, 39-53.
- Jorgenson, D. & Stiroh, K. (1999). Information Technology and Growth. *The American Economic Review*, Vol 89, No. 2, 109-115.
- Kretschmer, T. (2012). Information and Communication Technologies and Productivity Growth: A Survey of the Literature, *OECD Digital Economy Papers*, No. 195, OECD Publishing.
- Lavalle, S. & Lesser, E. & Shockley, R. & Kruschwitz, N. (2010). *Analytics: The New Path to Value*. MIT Sloan Management Review, syksy.
- MacDonald, S. & Anderson, P. & Kimbel, D. (2000). Measuremet or Management?: Revisiting the Productivity Paradox of Information Technology. *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung (Quarterly Journal of Economic Research)* 69, 4/2000, 601-617. http://www.diw.de/documents/publikationen/73/38739/v_00_4_9.382949.pdf.
- MacFarlan, F.W. & Nolan R. (2003). Does IT matter? An HBR Debate. *Harward Business Review*, June.
- Pohjola, M. (2002). *Information technology, productivity, and economic growth: International evidence and implications for economic development*. New York: Oxford University Press.
- Porter, M. & Millar, V. (1985). How Information Gives You Competitive Advantage. *Harvard Business Review*, July.
- Romer, P. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy* 98(5), part 2:S71-102.
- Saari, S. (2006). *Tuottavuus: teoria ja mittaaminen liiketoiminnassa: Tuottavuuden käsikirja*.
- Schreyer, P. (1998). Information and communication Technology and the Measurement of Real Output, Final Demand and Productivity. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, no. 02.
- Solow. (1987, July 12). We'd better watch out. *New York Times*, Book Review, pp. 36
- Strassmann, P. (2003). Does IT matter? An HBR Debate. *Harward Business Review*, June.

Triplett, J. (1999). The Solow productivity paradox: what do computers do to productivity? *Canadian Journal of Economics*, Vol 32, No. 2, April.

LIITTEET

Kuvailevia tilastoja					
Muuttuja	Havainnot	Keskiarvo	Keskihajonta	Min	Maks
Myynnit	4328	8466,18	20555,44	0	263989
Työntekijät (T)	4155	28,87	67,23	0,002	905,766
Pääoma (MM\$)	4313	3278,368	9269,58	0	111921
Varat yhteensä(MM\$)	4334	12606,96	39568,93	0,07	798660
Velat (MM\$)	4330	1128,73	5712,48	0	93105
Varastot yhteensä(MM\$)	4308	760,81	2308,09	0	58014
COGS (MM\$)	4328	5773,99	15503,58	0	263989
Oma pääoma (MM\$)	4334	3382,42	8699,79	-22295	156293
Tulot ennen veroja (MM\$)	4327	385,325	1754,82	-44574	25330
Myyntisaamiset (MM\$)	4327	2651,62	13931,19	0	283824
MM\$= Miljoonia dollareita, T=Tuhansia					

Taulukko 4.2.2. Aral ym. 2006, 7.

Korrelaatio suorituskyvyn muuttujien välillä										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Myynnit	1,00									
Työntekijät (T)	0,72	1,00								
Pääoma (MM\$)	0,80	0,56	1,00							
Varat yhteensä(MM\$)	0,73	0,52	0,66	1,00						
Velat (MM\$)	0,67	0,48	0,55	0,86	1,00					
Varastot yhteensä(MM\$)	0,68	0,55	0,48	0,65	0,59	1,00				
COGS (MM\$)	0,97	0,67	0,76	0,68	0,66	0,63	1,00			
Oma pääoma (MM\$)	0,72	0,49	0,73	0,71	0,46	0,50	0,64	1,00		
Tulot ennen veroja (MM\$)	0,49	0,32	0,44	0,41	0,31	0,33	0,43	0,51	1,00	
Myyntisaamiset (MM\$)	0,57	0,40	0,40	0,82	0,84	0,69	0,55	0,41	0,29	1,00

Taulukko 4.2.3. Aral ym. 2006, 8.

Table 3: Definitions and Interpretations of Performance Measures			
Measure (Ratio)		Definition	Interpretation
(1)	Labor Productivity	Sales/# of Employees	High ratio indicates higher labor productivity
(2)	Return on Assets	Pretax Income/Assets	High ratio indicates efficient operation of firm without regard to its financial structure
(3)	Inventory Turnover	COGS/ Inventory	High ratio indicates more efficient inventory management
(4)	Return on Equity	Pretax Income/Equity	High ratio indicates higher returns accruing to the common shareholders
(5)	Profit Margin	Pretax Income/Sales	High ratio indicates high profit generated by sales
(6)	Asset Utilization	Sales/Assets	High ratio indicates high level of sales generated by total assets
(7)	Collection Efficiency	Sales/Account Receivable	High ratio indicates effective management of customer payment
(8)	Leverage	Debt/Equity	The higher the ratio, the more leveraged the firm

Taulukko 4.3.3. Aral ym. 2006, 9.

	Range of scale	Mean	Std. Dev.	Cronbach's Alpha
Measure 1: Data-Driven Decision-making (DDD)				0.58
Typical basis for the decision on the creation of a new product or service (HR survey q13a)	1-5 ³	2.97	1.13	
We depend on data to support our decision making (the work practices and environment of the entire company) (HR survey q16j)	1-5	3.85	0.85	
We have the data we need to make decisions (HR survey q16p)	1-5	3.43	0.87	
Measure 2: Adjustment cost				0.69
Please rate whether the following factors at your company facilitate or inhibit the ability to make organizational changes: (1:inhibit significantly, 5:facilitate significantly) (HR survey q11)				
a) Skill mix of existing staff	1-5	3.22	1.19	
b) Employment contracts	1-5	2.89	0.65	
c) Work rules	1-5	2.98	0.83	
d) Organizational culture	1-5	3.31	1.27	
e) Customer relationships	1-5	3.69	1.02	
f) Senior management involvement	1-5	4.11	0.98	
Measure 3: Consistency				0.77
Looking across your entire company, please rate the level of consistency in behaviors and business processes across operating units (HR survey q1)	1-5	3.02	0.75	
Regarding the first core activity of your company, the consistency within business unit (HR survey q9a)	1-5	3.79	0.93	
Regarding the first core activity of your company, the consistency across functions (e.g., sales, finance, etc) (HR survey 9b)	1-5	3.38	0.99	
Regarding the first core activity of your company, the consistency across geographies (HR survey q9c)	1-5	3.53	0.99	
Effectiveness of IT in building consistent systems and processes for each operating unit (IT survey q13b)	1-5	3.50	0.85	
Measure 4: Exploration (EXPR)				0.58
IT facilitates to create new products (IT survey 11a)	1-5	3.78	1.22	
IT facilitates to enter new markets (IT survey 11b)	1-5	3.68	1.15	
IT supports growth ambitions by delivering services or products that set us apart from competitors (IT survey 12c/HR survey 15c)	1-4	2.52; 2.56	1.08; 1.01	
IT plays a leading role in transforming our business (IT survey 12d/HR survey 15d)	1-4	2.90; 3.01	1.13; 1.12	
IT partnering with the business to develop new business capabilities supported by technology (IT survey 13f/HR survey 14e)	1-5	3.33; 0.96	3.01; 1.09	
Strong ability to make substantial/disruptive changes to business processes (HR survey 16l)	1-5	2.90	1.05	
Measure 5: General human capital				
EDUCATION: The importance of educational background in making hiring decisions for the "typical" job (HR survey q4)	1-5	3.34	1.00	
% of employees using PC/terminals/workstations (HR survey q7a)	%	77.0	27.1	
% of employees using e-mails (HR survey q7b)	%	73.0	29.1	

Taulukko 4.4.2. Brynjolfsson ym. 2011.

Luettu 27.02.2014

<http://www.newyorker.com/online/blogs/johncassidy/2013/04/what-happened-to-the-internet-productivity-miracle.html>

Luettu 07.12.2014

Wikipedia 1: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Ulkoisvaikutus>

Wikipedia 2: http://en.wikipedia.org/wiki/Leontief_production_function